

*Maestría en Evaluación de Proyectos*

*CEMA - ITBA*

***Evaluación social de un proyecto de ensanche y repavimentación de un tramo de la ruta provincial N° 13***

*Silvina Galarza*

*Director: Horacio Roura*

*Junio de 2005*

*Resumen*

El objetivo de este trabajo es estudiar el problema de la congestión vehicular en un tramo de ruta provincial N° 13 entre la avenida 143 y la ruta provincial N° 36; ruta de acceso a la ciudad de La Plata. En ella se analiza la conveniencia económica de implementar un proyecto vial, que implica la repavimentación y ensanche de 6.64 Km., tendiente a solucionar el problema de la congestión. Para ello, además de diagnosticar la situación actual de la ruta y describir su problema, se realiza un análisis costo – beneficio de la situación con y sin proyecto desde el punto de vista social y se calculan distintos indicadores de la rentabilidad del proyecto. Para completar el estudio, se efectúa un análisis de sensibilidad y de riesgo.

## Índice

1. *Introducción*
2. *Descripción del problema actual de la vía.*
  - 2.1 *Diagnóstico*
  - 2.2 *El problema de la congestión: definición, causas y consecuencias*
  - 2.3 *El problema de la inseguridad vial.*
3. *Descripción del proyecto: su justificación como solución del problema actual.*
- 4 *Marco metodológico*
  - 4.1 *La demanda, los costos marginales y el excedente del consumidor*
  - 4.2 *Identificación de los beneficios provenientes de la mejora*
    - 4.2.1 *Beneficios directos*
    - 4.2.2 *Beneficios indirectos.*
  - 4.3 *Costos de un proyecto caminero*
  - 4.4 *Estimación de costos y beneficios a precios sociales.*
5. *Situación sin proyecto: Situación actual*
6. *Situación con proyecto*
7. *Cálculo de los Beneficios del Proyecto*
  - 7.1 *Caso Conservador*
    - 7.1.1 *Beneficios por reducción en el consumo de combustible*
    - 7.1.2 *Beneficios por reducción en el consumo de combustible*
  - 7.2 *Caso no Conservador*
8. *Cálculo de la Inversión del Proyecto*
  - 8.1 *Costos de Construcción*
  - 8.2 *Costos de Mantenimiento*
  - 8.3 *Costos por demora*
9. *Cálculo del VAN, TIR y TRI*
  - 9.1 *Criterios de decisión*
  - 9.2 *Evaluación*

*10. Análisis de Sensibilidad*

*10.1 Caso Conservador*

*10.2 Caso No Conservador*

*11. Análisis de Riesgo*

*12. Conclusión*

*Bibliografía*

*Anexo de Tablas*

*Anexo 1: Caso con generación de tránsito*

*Anexo 2: Cálculo del costo por demora*

*Anexo 3: Cálculo del valor del tiempo*

*Anexo 4: Cuadros*

## *1. Introducción*

El desarrollo económico y productivo de una región tiene estrecha relación con la infraestructura de transporte. Una adecuada infraestructura en transporte permite mejorar los niveles de producción de las firmas como consecuencia de la reducción de costos de logística, ahorros de inventario y el acceso a mayores mercados de insumos y mano de obra. También tiene la capacidad de hacer más eficientes las cadenas de provisión de insumos, de almacenamiento y de distribución, aumentando la productividad de los factores, el bienestar de la población, y la competitividad.

El transporte refleja las relaciones que se establecen entre las diferentes actividades de la ciudad. El sistema de transporte no sólo facilita el movimiento de personas o bienes. Sus características operacionales provocan un fuerte impacto en el uso de suelo, el crecimiento económico y la calidad de vida. La infraestructura asociada al transporte es considerada fundamental para el desarrollo económico de un área, aunque en un nivel inferior a variables como la disponibilidad de mano de obra calificada, de suelo para el desarrollo de actividades, la estabilidad política y económica, la existencia de servicios, etc. El transporte no es suficiente para generar el desarrollo, pero su ausencia u operación ineficiente, constituye un factor limitante del mismo. El grado del impacto sobre el desarrollo dependerá de su articulación con otras variables, tales como el capital humano, los recursos naturales, el acceso al financiamiento y la tecnología, etc. El transporte tiene un importante rol que jugar para proveer un ‘buen ambiente de negocios’

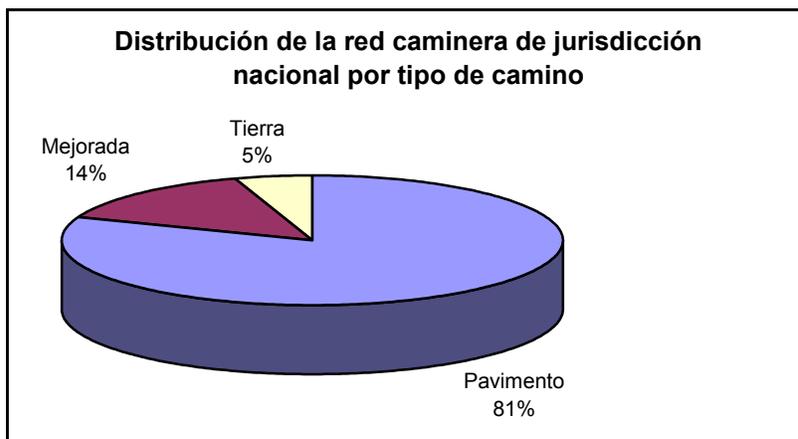
El sistema de transporte puede tener distintos efectos sobre la economía, impulsando el crecimiento al disminuir los costos. La accesibilidad que la infraestructura hace posible, permite adaptar el espacio nacional, o subnacional, para actividades económicas. El diseño y armado de la infraestructura se desarrolla de forma intencional con el objetivo de crear o unir las regiones dentro de un único espacio nacional. Las carreteras, ferrocarriles, puertos, comunicaciones, energía, agua potable, riego, facilitan la integración social interna y las mejoras de bienestar. La infraestructura se vincula con la integración económica y política en el nivel supranacional, donde actúa como un gestor crucial. Es dable pensar que su ausencia obstaculiza o impide la integración y el comercio, y que una

inadecuada o escasa provisión de infraestructura puede provocar una pérdida de la competitividad del país.

La infraestructura impone también una ordenación económica al territorio. En efecto, es un determinante de la organización del territorio y su desarrollo económico, apoyando el crecimiento de la productividad y la competitividad del país. Una infraestructura de transporte inadecuada aumenta los costos del negocio, a través de congestión y restricción del mercado laboral, reduciendo entonces la productividad. Las inversiones en infraestructura de transporte deberían generar una reducción de los costos generalizados del transporte, y de esta manera provocar un aumento de la productividad de los factores, por un mejor manejo de los inventarios, acceso a nuevos mercados y a economías de escala. Además una adecuada infraestructura de transporte atrae nuevas inversiones de negocios en localidades específicas. Todo esto es bien conocido en los países desarrollados, donde el sistema de transporte eficiente constituye una base para encarar un crecimiento sostenido. Dentro de dicho sistema el transporte vial representa el principal sector.

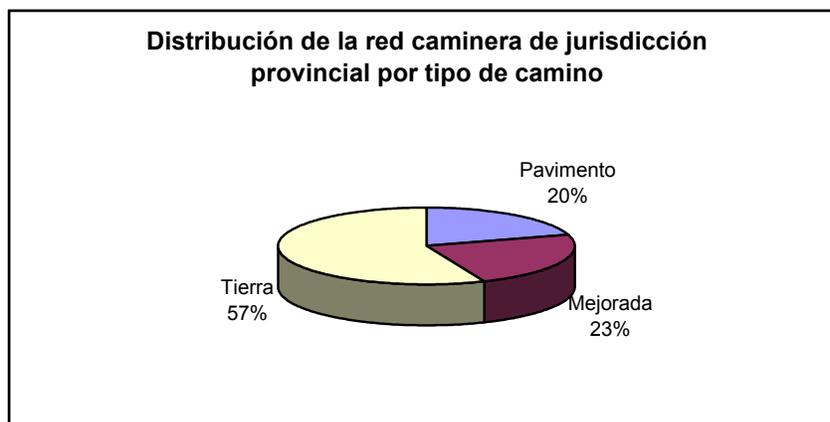
Nuestro país no es la excepción, sobre el sistema más importante de transporte argentino, el sistema carretero, circulan más del 80% de las cargas transportadas y más del 90% de los pasajeros. Sin embargo, el sistema vial sufre hoy un atraso, un deterioro creciente consecuencia de acciones pasadas. El sistema vial de nuestro país contaba en el año 2003 con 38.400 Km. de caminos de jurisdicción nacional, de los cuales aproximadamente el 80% se halla pavimentado y 191.800 Km. de caminos de jurisdicción provincial, de los cuales solo el 20% está pavimentado. En total, el sistema carretero argentino cuenta con más de 230.000 Km. A continuación se presentan dos gráficos con la distribución de los caminos por tipo jurisdicción y tipo de camino (Ver cuadro 1 del anexo 4). A su vez en la Provincia de Buenos Aires se halla el mayor número de caminos construidos (18% sobre el total) y pavimentados (7%).

Gráfico 1



Fuente: DNV

Gráfico 2



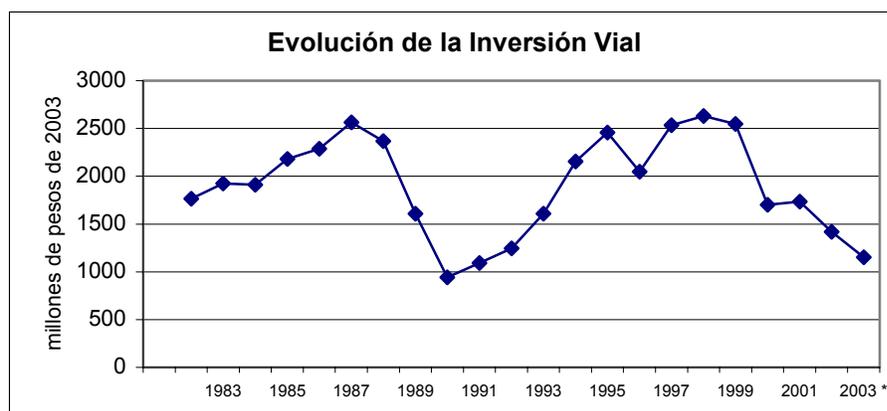
Fuente: DNV

Es importante destacar la evolución que ha tenido la red caminera nacional. Entre los años 1935 y 1950, la red caminera nacional casi se duplicó en extensión, este crecimiento estuvo acompañado de un fuerte proceso de pavimentación. A partir de la década del 60, se produce un traspaso de caminos a jurisdicción provincial, que se prolonga hasta la década de los ochenta inclusive. El proceso de pavimentación se desacelera en la década del 70, siendo la tasa de crecimiento anual promedio de camino pavimentado del 1.35 %. En la década del noventa se construyen nuevos caminos

nacionales, la pavimentación de caminos pega un pequeño salto en el año 1997, pero luego vuelve a estancarse. (Para más información ver cuadro 2 del anexo 4).

El deterioro creciente de la infraestructura es consecuencia del pasado inmediato. La decadencia de inversión en los últimos años se traduce en una dilapidación del capital existente y un encarecimiento para la realización de obras en el futuro.

Gráfico 3



\* Año 2003: estimado

Fuente: DNV, Secretaria de Hacienda y AAC

Como puede observarse en el gráfico 3, la política de los diferentes gobiernos en los últimos años ha sido la de la restricción de los fondos y decisiones vinculadas con la infraestructura. A partir de 1998 la inversión en infraestructura vial sufre una importante caída, llegando en al año 2003 a niveles de inversión alcanzados a principios de la década del noventa. Este retroceso dio lugar a un alto grado de intransitabilidad permanente, especialmente en los caminos rurales, básicos para el transporte de productos primarios, conjuntamente con una desactualización y déficit de los caminos principales, que derivan en sobrecostos en los fletes y en un alto nivel de inseguridad vial, repercutiendo negativamente sobre toda posibilidad de desarrollo y crecimiento.

Esta situación ha llevado a un deterioro profundo de la infraestructura vial, con una demora que ya lleva más de cuatro años. Como consecuencia de esta situación, la red Vial Argentina presenta distintos problemas, entre los cuales se pueden citar a: la baja transitabilidad permanente de la red, que alcanza al 43% de la misma, la falta de

corredores de integración nacional que vinculen las diferentes regiones entre sí y con el exterior, la existencia de problemas de congestión en las cercanías de las grandes ciudades, la difícil y disfuncional accesibilidad a puertos desde los caminos, la falta de banquetas pavimentadas y de medidas de seguridad adecuadas en la red pavimentada, la inexistencia de una política integral de mantenimiento rutinario ni preventivo de la red, entre otros.

Como ya se ha mencionado, el sector carretero debe constituir el centro de cualquier política que quiera aumentar la competitividad de productos argentinos tanto para el mercado interno y el externo. Por ello se considera que una inadecuada infraestructura de transporte es una barrera para el crecimiento. Las ineficiencias que generan sobrecostos en el sistema de transporte hacen que se pierda una parte importante de la ventaja comparativa de nuestra producción, y en algunos casos impiden el acceso al mercado mundial de nuestros productos.

Es importante aclarar que a la luz del plan plurianual de inversiones 2004-2006<sup>1</sup>, la tendencia que aquí se describe podría modificarse, ya que dicho plan prevé una inversión real directa por parte de la Dirección Nacional de Vialidad de más de 830 millones de pesos, cifra que corresponde al 56 % del total a invertirse. Sin embargo, para que se revierta la situación más arriba comentada es necesario que la inversión no solo sea eficaz sino también eficiente.

Esta tesis aborda uno de los problemas arriba citados, *el problema de la congestión vehicular en la entrada de grandes ciudades, más precisamente en la ciudad de La Plata*. En ella se analizará la conveniencia económica y social de implementar un proyecto vial tendiente a solucionar el problema de la congestión en una ruta de acceso a la ciudad. Para ello, además de diagnosticar la situación actual de la ruta y describir su problema, se realizará un análisis costo – beneficio de la situación con y sin proyecto desde el punto de vista social y se calcularán distintos indicadores del valor de la inversión. Para completar el estudio, se efectuará un análisis de sensibilidad y de riesgo. En la última sección se expondrán las conclusiones.

---

<sup>1</sup> Plan Nacional de Inversiones Públicas 2004-2006: (2004) Secretaria de Política Económica, Ministerio de Economía.

## *2. Descripción del problema actual de la vía.*

### *2.1 Diagnóstico*

La ruta que se estudiará es la ruta provincial N°13, más específicamente el tramo que se encuentra entre la ruta provincial N°36 y la avenida 143 de la Ciudad de La Plata. Esta es una ruta de acceso a la ciudad que desemboca en la avenida 520 a partir de la cual se puede ingresar al núcleo urbano por cualquiera de las avenidas que la cruzan: la avenida 25, la avenida 19, la avenida 13 y la avenida 7. El tramo bajo estudio tiene una longitud total de 6.64 kilómetros, y cuenta con dos carriles, uno para cada dirección.

El crecimiento de la demanda por transporte urbano y del tránsito vial, frente al escaso desarrollo que ha tenido la vía en los últimos años, ha originado limitaciones de capacidad, demoras, bajos niveles de servicio, accidentes y mayores costos de operación de los vehículos, sobre todo en las horas de mayor tránsito.

*Se define como capacidad al número máximo de vehículos por unidad de tiempo que pueden pasar por una vía bajo las condiciones prevalecientes.* Ella representa el límite de las posibilidades de absorción del tramo de la carretera considerado. La capacidad de un camino de dos carriles es de 1.600 automóviles por hora para cada sentido de circulación, con lo cual la capacidad total en ambos sentidos es de 3.200 vehículos.

*Se entiende por nivel de servicio a la medida cualitativa del efecto que pueden tener sobre la capacidad de la carretera, algunos factores, tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, el costo de operación, la libertad de maniobra, entre otros.* El nivel de servicio de una vía representa el grado de libertad de maniobra que el usuario posee cuando circula por ella. Como es lógico, cuando la intensidad de tráfico de una vía alcanza valores próximos a su capacidad se circula restrictivamente por ella, la velocidad es baja, hay paradas frecuentes y el conductor es sometido a una tensión molesta. Si se desea alcanzar un buen nivel de servicio, la intensidad de tráfico debe ser inferior a la capacidad, existiendo una intensidad máxima admisible para cada nivel o calidad de servicio. La calidad del servicio que brinda se expresa con letras que van de la A (para flujo libre) a F (flujo muy congestionado), de

acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras de Estados Unidos (1985) y depende en mucho de la topología de la red.

Según un estudio realizado por la Dirección de Vialidad Provincial el nivel de servicio actual de la ruta es un nivel E. Este nivel señala que la intensidad de tráfico es ya próxima a la capacidad máxima de las vías y las velocidades rebasan a duras penas los 40 Km/h. Las detenciones son frecuentes, aunque de corta duración y se producen largas colas siendo forzadas las condiciones de circulación<sup>2</sup>.

Para determinar el grado de congestión de una vía, es necesario conocer el grado de saturación de la misma. *El grado de saturación indica en qué nivel comienzan a sentirse los efectos de un mayor flujo vehicular.*

El grado de saturación se calcula dividiendo el flujo vehicular actual por la capacidad de la vía. Sabemos que la capacidad total por hora de la vía es de 3.200 vehículos, deberíamos calcular entonces el flujo vehicular por hora. Lo ideal sería contar con la información de un conteo del tránsito por hora, para de esta forma poder calcular sin ningún inconveniente el grado de saturación. Si se conociera el flujo vehicular por hora de las 8.760 horas del año se podría armar lo que se conoce como curva de carga. La curva de carga muestra la relación entre el flujo vehicular por hora y la hora de año al que dicho flujo pertenece, ordenadas éstas de manera decreciente desde la hora de mayor flujo vehicular, “la hora 1”, a la hora de menor flujo vehicular, “la hora 8760”. Dicha curva tiene la siguiente forma:

---

2 El resto de los niveles de servicio según en Manual de Capacidad de Carreteras (1985) se definen de la siguiente forma. El nivel A corresponde a una situación de tráfico fluido, con una intensidad de tráfico baja y velocidades de servicio altas, sólo limitadas por las condiciones físicas de la vía. Los conductores poseen un amplio grado de libertad funcional y no se ven forzados a mantener una determinada velocidad por causa de otros vehículos.

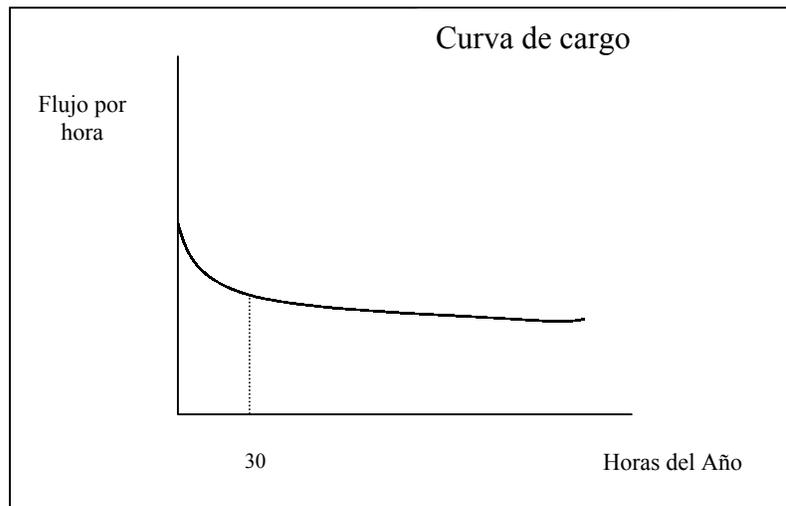
El nivel B, corresponde a una circulación estable, sin cambios bruscos en la velocidad, aunque ésta empieza a estar condicionada por otros vehículos, los adelantamientos y cambios de carril (según tipo de vías) se realizan sin problema.

El nivel C, corresponde también a una circulación estable, pero la velocidad y la maniobrabilidad están ya considerablemente condicionadas por el resto del tráfico. Los adelantamientos y cambio de carril son más difíciles aunque las condiciones funcionales son tolerables.

El nivel D, corresponde a situaciones que comienzan a ser inestables, es decir, en que se producen cambios bruscos e imprevistos en la velocidad, se forman pequeñas colas, el adelantamiento presenta notables dificultades, y la maniobrabilidad de los conductores está muy restringida por el resto del tráfico.

El nivel E, corresponde a condiciones de saturación inestable de la vía y a punto de colapso.

Gráfico 4: Curva de carga



Como puede observarse, la graficada es una curva truncada donde no se consideran las horas de bajo flujo vehicular, ya que en esas horas el flujo tiende a cero, es mínimo. La curva de carga decrece en forma decreciente, aproximadamente en la hora 30 tiende a estabilizarse, de modo que en dicha hora se produce el punto de inflexión de la curva. Es esa hora la que se toma como representativa del flujo vehicular por hora para poder calcular el grado de saturación y así determinar un tipo de tránsito, ya que se considera que las anteriores son casos extremos, no representativos del verdadero tránsito horario (outliers).

Dividiendo el flujo vehicular de “la hora 30” por la capacidad por hora de la vía se podría tener una clara idea del nivel de congestión del camino. Sin embargo, esa información no se posee para el caso del proyecto en estudio. Solo se sabe que el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) es de 10900 vehículos y que según los expertos de la Dirección de Vialidad Provincial el flujo de tránsito de “la hora 30” en general se corresponde con el 20%-25% del TMDA. Sabiendo esto, se puede inferir el grado de saturación actual. Para ello se debe primero homogeneizar el flujo de tránsito. El número de vehículos comprendido por el TMDA está expresado en unidades heterogéneas, ya que incluye automóviles, ómnibus, camiones livianos y camiones pesados. El Cuadro 2 muestra la composición por tipo de vehículo del flujo de tránsito.

Cuadro 2: Porcentaje de vehículo en TMDA por tipo

Tipo de vehiculo	%
Autos:	90%
Omnibus	4,50%
Camion liviano	5%
Camion pesado	0,50%

Fuente: Dirección Provincial de Vialidad

Para expresar dicho flujo en unidades homogéneas se corrige el flujo heterogéneo a través de factores de equivalencia.

Cuadro 3: Equivalencia de vehículos

Tipo de vehiculo	Factor de equivalencia
Autos	1
Buses	2
Camiones livianos	1,65
Camiones pesados	2,5

Fuente: Comisión de Transporte (Chile)

Se obtiene así un flujo expresado en vehículo equivalente. En este caso el flujo de tránsito expresado en vehículo equivalente es 11.826, con lo cual el grado de saturación de la ruta es de un 83%<sup>3</sup>. Siguiendo a Gibson J. (1981)<sup>4</sup> se pueden distinguir los siguientes tipos de tránsito:

Cuadro 1: Tipo de tránsito según grado de saturación

Grado de saturación	Tipo de tránsito
0% - 60%	No saturado
60% - 80%	Normal
80% - 90%	Con problemas
90% 95%	Saturado
más de 95%	Sobre saturado

Fuente: Gibson J. (1981)

En consecuencia, el tránsito que circula por el tramo bajo estudio enfrenta “problemas de saturación”. Por otra parte, si se toma una la tasa de crecimiento del flujo vehicular del 3% anual en tres años la ruta estará saturada y en dos años más presentará una sobresaturación generando graves problemas de circulación.

3 Para el calculo del flujo vehicular de la hora 30 se tomo el 22.5% del total de vehículos equivalentes.

4 Gibson, J. “Síntesis del Método de Periodización” (1981)

En síntesis, en las condiciones actuales de circulación, el tránsito que opera presenta problemas de congestión, o sea que, el número de automóviles que pueden pasar por una calzada, en una hora, sin provocar demoras, peligros o restricciones en la libertad del conductor para maniobra en las condiciones prevalecientes de tránsito se ve limitado o restringido.

El problema de la congestión se ve agravado por el mal estado general del camino, de la carpeta de asfalto, por la falta de banquetas, por la falta de una correcta señalización como ser la división de carriles de ambos sentidos y en general por el no cumplimiento de las normas de diseño estándares. Todo esto conduce además a incrementar la probabilidad de ocurrencia de accidentes. Si bien no se cuentan con datos precisos del número de accidentes ocurridos en la ruta provincial 13, esta ruta no escapa al problemática generalizada del incremento del número de accidentes viales, que afecta en la actualidad a nuestro país.

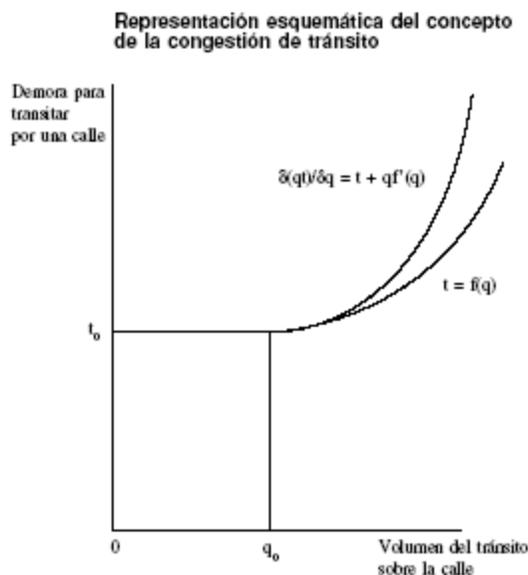
## *2.2 El problema de la congestión: definición, causas y consecuencias.<sup>5</sup>*

Se define a la congestión vehicular como el efecto de obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento del tránsito. Técnicamente, podría definirse a la congestión como la condición que prevalece si el ingreso de una unidad adicional al flujo de tránsito reduce la velocidad de las demás unidades, es decir incrementa el tiempo de circulación de los demás. Esto depende de la capacidad de la vía.

---

5 Esta sección se basa en Thomson I. y Bull A (2002)

Gráfico 5



En el gráfico 5 se representa el tiempo ( $t$ ) necesario para transitar por una vía, a diferentes volúmenes de tránsito ( $q$ ), mediante la función  $t=f(q)$ . La otra curva,  $\partial (qt)/\partial q = t + qf'(q)$ , se deriva de la anterior. La diferencia entre ambas curvas representa el aumento del tiempo de viaje de los demás vehículos que están circulando, a causa de la introducción de un vehículo adicional. Puede observarse que las dos curvas coinciden hasta el nivel de tránsito  $Oq_0$ ; hasta allí, el cambio en el tiempo de viaje de todos los vehículos es simplemente el tiempo empleado por el que se incorpora, porque los demás pueden seguir circulando a la misma velocidad que antes. Por el contrario, de ahí en adelante las dos funciones divergen, estando  $\partial (qt)/\partial q$  por arriba de  $t$ . Eso significa que cada vehículo que ingresa experimenta su propia demora, pero simultáneamente aumenta la demora de todos los que ya están circulando. En consecuencia, el usuario individual percibe sólo parte de la congestión que causa, recayendo el resto en los demás vehículos que forman parte del flujo de ese momento. De esto se desprende que los usuarios perciben los costos medios privados, pero no los costos marginales sociales. Como el costo de la congestión no es percibido plenamente por los usuarios que contribuyen a generarla, el bien o servicio involucrado se consume más que lo que conviene a la sociedad. Como los usuarios no experimentan los mayores costos de tiempo y operación que causan a los demás, sus decisiones sobre ruta, modo, origen, destino y hora de los

viajes son tomadas, no sobre la base de los costos sociales, sino sólo de los costos propios, o mejor dicho, de una percepción parcial de esos costos. El resultado lógico es una sobreexplotación de la vialidad existente. La congestión no es más que una externalidad negativa.

Otra conclusión es que a bajos niveles de congestión, un incremento del flujo no aumenta significativamente el tiempo de viaje, pero a niveles mayores el mismo aumento absoluto incrementa considerablemente las demoras totales. En el caso presentado la congestión empieza con un volumen de tránsito  $Oq\theta$ .

En Ortúzar y Willumsen (1994)<sup>6</sup> la congestión surge en condiciones en que la demanda se acerca a la capacidad de la infraestructura transitada y el tiempo de tránsito aumenta a un valor muy superior al que rige en condiciones de baja demanda.

Una definición más operativa fue la que se hizo en un proyecto de ley chileno destinado a implantar la tarificación vial. Allí, se declaraba congestionada aquella vía que en más de la mitad de su extensión total, considerando tramos no necesariamente consecutivos, la velocidad media espacial del flujo era inferior a 40% de la velocidad en régimen libre. Esta condición debería verificarse al menos durante cuatro horas diarias entre martes y jueves.

Entre las causas de la congestión se encuentran que la demanda de transporte es eminentemente variable y tiene puntas muy marcadas en las cuales se concentran muchos viajes. Además el transporte se efectúa en espacios viales limitados, los que son fijos en el corto plazo; obviamente la capacidad vial no utilizada no puede ser usada posteriormente en períodos de mayor demanda. El inadecuado diseño, o mantenimiento, de la vialidad también contribuye a que exista congestión. La falta de demarcación de los carriles de circulación, los inesperados cambios en el número de carriles, y otras deficiencias entorpecen la fluidez del tránsito. Asimismo, el mal estado del pavimento, y en especial la presencia de baches, genera crecientes restricciones de capacidad y aumenta la congestión. La mala conducta en el manejo, la frecuente presencia en los flujos de tránsito de vehículos antiguos, mal mantenidos, o de tracción animal también contribuye a que se

---

<sup>6</sup> Ortúzar J. y L. Willumsen (1994): *Modelling Transport*, Chichester, Reino Unido, John Wiley.

incremente la congestión. Otro factor que agrava la congestión es el desconocimiento de las condiciones de tránsito.

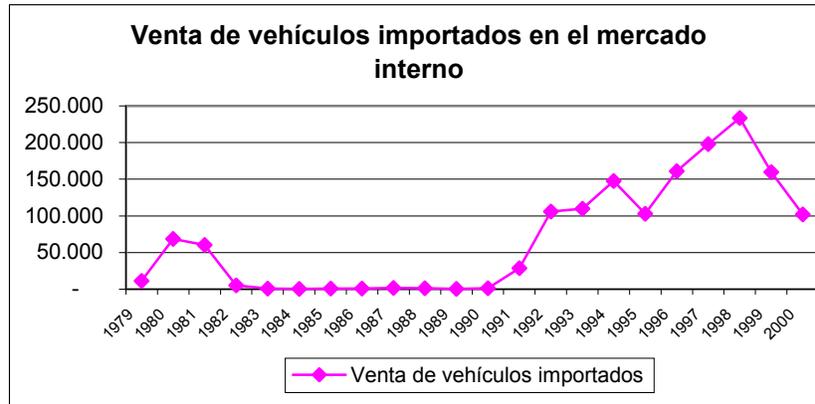
Sin embargo, según la mayoría de los especialistas en cuestiones de tránsito, la principal causa de la congestión es el uso intensivo del automóvil, cuya propiedad se ha masificado no solo en nuestro país sino en toda América Latina en las últimas décadas. El automóvil posee ventajas en términos de facilitar la movilidad personal, otorgar sensación de seguridad, comodidad, autonomía e incluso un *status*, especialmente en países en vías de desarrollo. Sin embargo, en términos de espacio es poco eficiente para el traslado de personas, al punto que cada ocupante produce en las horas punta unas 11 veces la congestión atribuible a cada pasajero de bus<sup>7</sup>. Es decir que el transporte a través de automóviles hace un mayor uso del espacio vial por pasajero.

El incremento de la dependencia ciudadana del automóvil se refleja tanto en el aumento de las importaciones como de la producción nacional. La reducción de la carga impositiva sobre los automóviles, particularmente los aranceles aduaneros y la apreciación del tipo de cambio, abarató los productos importados. Todo esto dio lugar a aumentos importantes en la importación de autos. Como se observa en el gráfico 6 la venta de automotores importados en la década del noventa se incrementó notablemente (para más información ver cuadro 4 del anexo 4). Por otra parte, las reformas económicas de los años noventa trajeron consigo, entre otros efectos, tasas de crecimiento económico más altas y la reducción del precio de los automóviles. Como puede observarse en el gráfico 7, la producción nacional de automotores, en promedio, se multiplicó en la década del 80 y la del 90 (para mas información ver cuadro 5 del anexo 4).

---

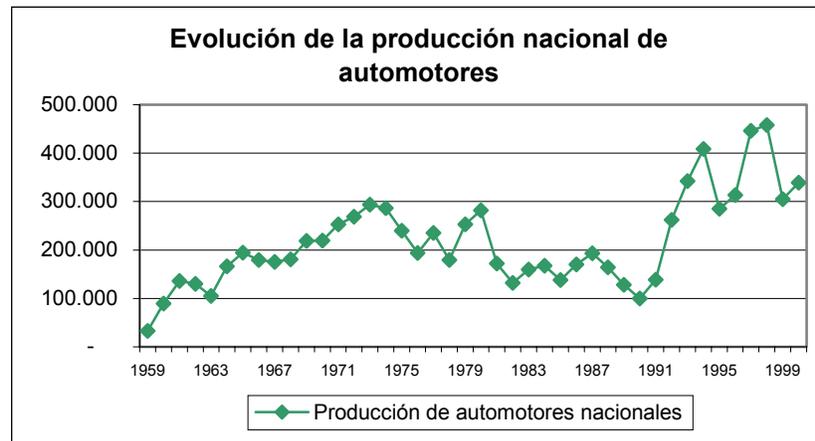
7 Boletín Fal N° 206 Octubre 2003

Gráfico 6



Fuente: INDEC y ADEFA

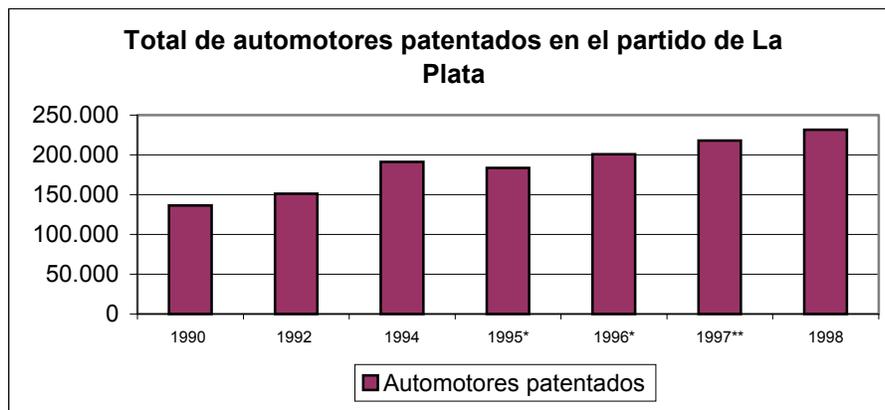
Gráfico 7



Fuente: ADEFA

En el partido de La Plata el incremento del parque automotor particular desbordó la capacidad de la infraestructura vial que hasta mediados de los '80 se había mantenido sin necesidad de reestructuración. Entre 1987 y 1998 la cantidad de automóviles particulares paso de un auto cada 7 personas a un auto cada 4 personas. El número de vehículos patentados se incrementó un 70 % entre los años 1990 y 1998 en el aglomerado del gran La Plata (para mas información ver cuadro 6 del anexo 4).

Gráfico 8



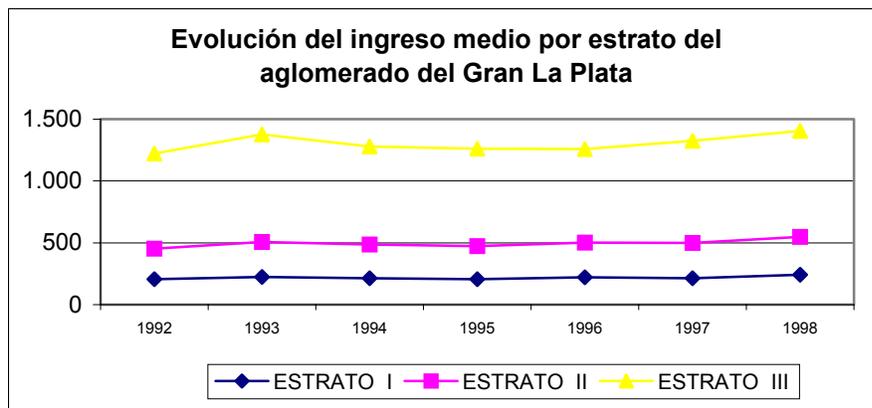
**Nota:**\* Años 1995 y 1996 datos provisorios.

\*\* Cierre de la información a abril de 1998

**Fuente:** Dirección Provincial de Estadística y Planificación General

En las ciudades, la evolución de los ingresos de los residentes y de los precios de los automóviles, particularmente los usados, hace que la propiedad de un vehículo esté dejando de ser un sueño inalcanzable y se transforme en un hecho consumado para muchas familias. Un aumento en los ingresos eleva significativamente la propiedad de automóviles no sólo en los barrios de mayores ingresos sino también en los de ingresos medios. En el aglomerado del Gran La Plata, el ingreso medio de todos sus habitantes se incrementó entre los años 1992 y 1998, siendo ese incremento del 18% para el estrato I, del 21% para el estrato II y del 15% para el estrato III (para más información ver cuadro 7 del anexo 4).

Gráfico 9



**Nota:** La población perceptora se clasifica en deciles, ordenados de mayor a menor ingreso, cada uno contiene al 10% de la población. El estrato I (bajo) agrupa los 4 primeros deciles, el II (medio) a los deciles 5 al 8 y el el estrato III (alto) a los deciles 9 y 10.

Corresponde a la medición de octubre de cada año.

**Fuente:** Encuesta Permanente de Hogares, INDEC

La adquisición de un automóvil libera a una familia de su previa dependencia casi total del transporte público. Quien no cuenta con un auto está obligado a ubicarse en un barrio, frecuentemente céntrico, que esté bien servido por el transporte público. Al adquirir un auto adquiere también, por primera vez, una nueva opción residencial; es decir, ahora puede trasladarse a los suburbios, donde los inmuebles residenciales son más baratos o mayores, y quizás más agradable el ambiente, pero, en cambio, inferior la accesibilidad por transporte público y más limitadas las perspectivas de operar ese tipo de transporte de una manera rentable. La sola adquisición de un automóvil fomenta la producción de viajes. Según la encuesta llevada a cabo en Buenos Aires a principios del decenio de 1970, la adquisición de un automóvil, sin cambio de ingresos, da como consecuencia un alza en la generación de viajes de entre un 40% y un 70%, siendo normalmente mayor el porcentaje en zonas de baja accesibilidad por transporte público.

Es inevitable que una demanda creciente sobre una oferta vial relativamente constante redunde en una disminución progresiva de las velocidades de circulación, un incremento del tiempo de viaje, una mayor incertidumbre de horarios de llegada, un aumento de consumo de combustibles y un aumento de los costos de operación; todo debido a una marcada restricción de capacidad de la vía.

Existen otras consecuencias de la congestión mas difíciles de medir como por el ejemplo el hecho de que hay personas que cambian de conducta, adoptando hábitos que, idealmente, no serían de su preferencia, como salir de la casa muy temprano para adelantarse a los momentos de mayor congestión o residir en las cercanías del lugar de trabajo. A lo señalado cabe agregar otras consecuencias serias que afectan severamente las condiciones de la vida, entre las que se cuentan la mayor contaminación del aire provocada por el consumo de combustibles en vehículos que circulan en un tránsito convulsionado a baja velocidad, los mayores niveles de ruido en el entorno de las vías principales, la irritabilidad causada por la pérdida de tiempo y el aumento del estrés por conducir inmerso en una masa vehicular excesiva, en definitiva, una pérdida de calidad de vida. Estos otros resultados de la congestión pueden ser difíciles de cuantificar, pero no por ello deben ignorarse, ya que son agravantes de una situación seria.

Los efectos perjudiciales de la congestión caen sobre toda la sociedad, en términos del deterioro de su calidad de vida en distintos aspectos. Enfocando el análisis en quienes deben transportarse, es decir en quienes utilizan la vía congestionada, se pueden analizar los efectos de la congestión mediante el desglose de su costo en dos componentes fundamentales: el tiempo personal y los costos operacionales de los vehículos, especialmente el combustible. Ambos se ven aumentados al viajar bajo condiciones de congestión.

### *2.3 El problema de la inseguridad vial.*

Los accidentes son sucesos eventuales que alteran el orden y causan daños en la propiedad ajena y en las personas. Los accidentes generan pérdidas materiales y económicas, pérdidas de seres humanos y problemas de índole social, dado que un accidente repercute sobre los demás automovilistas, incrementando las demoras.

Existen numerosos factores que contribuyen a que el número de accidentes se incremente permanentemente. Sin duda, el incremento del parque automotor es una de las causales del agravamiento de la inseguridad vial. La conducta irresponsable de los automovilistas, peatones y ciclistas contribuye considerablemente a la producción de

siniestros. Muy a menudo, las calzadas no se adaptan a las necesidades del parque automotor. La falta de señalización, un inadecuado diseño de la vía, la ausencia de semáforos u otros elementos que hacen a la infraestructura vial, son elementos que inciden considerablemente en el incremento de los accidentes. La falta de mantenimiento o conservación de la ruta también agrava la situación. Además, existen muchos otros factores que contribuyen, como conducir a alta velocidad o en estado de alcoholismo; la falta de costumbre en el uso de cascos protectores y cinturones de seguridad; la ausencia de aplicación de normas de seguridad vial y leyes de tránsito; la falta de inspección y el control de los vehículos.

Basta solo una rápida mirada a las estadísticas, para entender la gravedad que reviste el problema. Los accidentes de tránsito, responsables del primer lugar en causas de muerte en el país y noveno a escala mundial, parecen no tener una merma en cantidad. La OMS asegura que más de 1,2 millones de personas por año perecen en las rutas, caminos y calles del globo. Existe también un alto número de lesionados o discapacitados permanentes que por el momento no tienen cifra oficial. En nuestro país diecinueve son las personas fallecidas por día<sup>8</sup> y decenas quedan con heridas graves. Durante el 2003, 7.055 personas fallecieron en accidentes de tránsito en el país. En Buenos Aires, por cada millón de personas, 203 perdieron la vida en accidentes de tránsito. El balance de los últimos 10 años en nuestro país, indica que los accidentes viales, son los responsables de:

- 74.000 muertos
- Más de 1.400.000 heridos
- Más de 150.000 discapacitados
- Millones de dólares en pérdidas materiales

En nuestro país, de los 7579 muertos en 1998, el 44% fueron peatones. En otros países, sobre el total de muertos en accidentes de tránsito el porcentaje de peatones muertos es mucho menor y es casi inexistente en las grandes ciudades. En EE.UU. por ejemplo, del total de muertos en accidentes, el 13 % fueron peatones, el 12 % en Holanda, el 14 % en

---

<sup>8</sup> Según un relevamiento de la Asociación Civil "Luchemos por la Vida"

Canadá, el 13 % en Bélgica, el 18 % en Austria, el 13 % en Suecia, el 17 % en Suiza. En Noruega, sobre un total de 12.126 personas accidentadas solo un 8.3% fueron peatones.

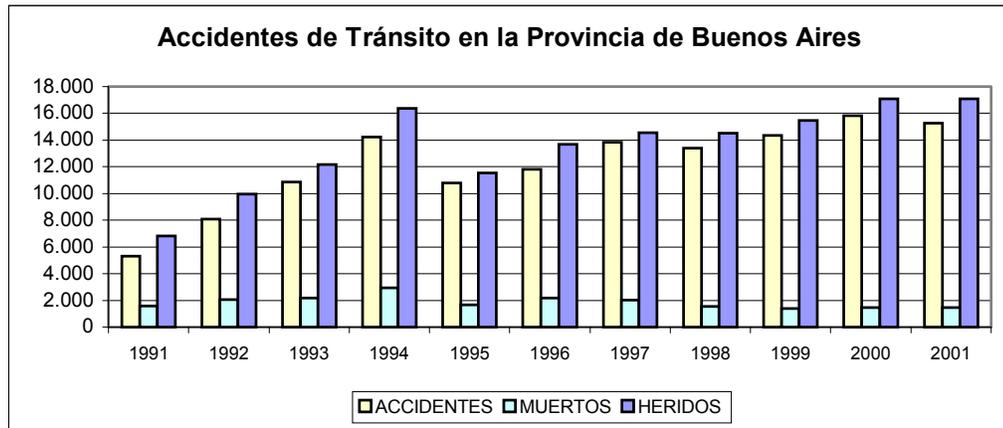
El cómputo final del Banco de Datos de Siniestralidad Vial Grave del ISEV denuncia que durante el transcurso del año 2003 los accidentes viales generaron un costo económico social directo e inmediato de U\$S 415.962.240. En total, durante los 365 días del año, se produjeron 9905 accidentes viales graves (es decir con un resultado como mínimo de un lesionado con fractura).

Estas son algunas características de los accidentes viales en Argentina:

- Durante el 2003, casi la mitad de los muertos (47,5 %) poseían menos de treinta (30) años de edad
- Siete (7) de cada diez (10) muertos eran de sexo masculino
- Seis (6) de cada diez (10) accidentes se produjeron en zonas URBANAS. Sin embargo de cada 10 (diez) muertes, seis (6) se produjeron en accidentes en rutas y caminos rurales
- Casi 3 (tres) de cada diez (10) accidentes fueron de los denominados “solitarios”, es decir sólo involucraron un vehículo que perdió el control, volcó o impactó contra árboles o columnas.
- El día domingo fue la jornada de la semana con mayor cantidad de accidentes (21,8 % del total) y la franja horaria la ubicada entre las 6 y 12:00 hs. (36,1 %).

Si nos concentramos en la provincia de Buenos Aires, se tiene que el número de accidentes de tránsito, muertos y heridos han crecido fuertemente en la década del noventa, sobretodo hasta el año 1994. En el año 1995 el número total de accidentes cae, para luego alcanzar hacia finales de la década, los niveles previamente alcanzados, a excepción del número de muertos.

Gráfico 10



Fuente: Dirección Provincial de Estadística.

### 3. Descripción del proyecto: su justificación como solución del problema actual.

La congestión es una consecuencia de la inexistencia de un precio que internalice todos los costos sociales que provoca el uso de un bien escaso: la infraestructura vial en horas en que la demanda supera la oferta disponible. Surge entonces el concepto de escasez y, por lo tanto, un valor por su uso alternativo, a ser determinado por el sistema de precios. Existen distintas medidas para reducir la congestión, las que actúan sobre la oferta y las que actúan sobre la demanda. Las primeras son medidas que se aplican sobre la disponibilidad y calidad de la infraestructura, los vehículos y la gestión de ellos, haciendo que aumente de la capacidad para efectuar desplazamientos, o sea la oferta de infraestructura vial. Entre estas medidas se encuentran la repavimentación de la vía, el ensanche de la ruta, el mejoramiento del diseño de la misma, la adecuada demarcación y señalización de las vías y la corrección del ciclo del semáforo (si es que hubiere). Otra acción posible es la reversibilidad del sentido de tránsito en las horas punta en avenidas principales.

Por su parte, las medidas sobre la demanda intentan que una cantidad importante de automovilistas, que circulan en zonas o períodos de alto tránsito, utilicen modos de transporte de alta ocupación, se muevan por medios no motorizados, o cambien el horario de su desplazamiento. Ciertas medidas son de tipo reglamentario e imponen restricciones.

Otras establecen premios o desincentivos económicos para favorecer conductas que mitiguen la congestión. Entre estas medidas se encuentran la racionalización de los estacionamientos, la restricción vehicular, el pago de permisos de circulación y la tarificación vial por congestión.

Los funcionarios de la Dirección Provincial de Vialidad proponen como solución al problema de la congestión de la ruta N° 13 una medida que se aplica sobre la oferta y que consiste en ensanchar la calzada. Como la ruta bajo estudio es una ruta de acceso a la ciudad de La Plata, que desemboca en una avenida que posee dos carriles por sentido de circulación (o sea posee más capacidad que la que tiene la ruta en su estado actual, con lo cual ampliar la ruta no equivale a trasladar el problema de la congestión a dicha avenida), que no cumple con los parámetros estándares de diseño, que no presenta un buen estado de conservación y que presenta problemas de falta de capacidad, la opción de la construcción de nuevas pistas y su correcta demarcación y señalización parece ser una alternativa más que atractiva. La construcción de nuevas vías permite resolver cuellos de botella locales o a nivel subregional, crear o aumentar la redundancia en enlaces críticos para el sistema de transporte urbano. Las otras medidas, las que se aplican sobre la demanda, son medidas más efectivas en calles “internas” de la ciudad donde la congestión tiene otras características. Sin embargo, es importante aclarar que la medida adoptada es una medida de corto plazo. Hay que tener presente que construir más y más vías, pasos a desnivel y autopistas urbanas puede ser contraproducente en el mediano o largo plazo, ya que fomentan el uso del automóvil, con lo cual en el largo plazo otro tipo de ajuste será necesario. Esto podría ser considerado como una debilidad del proyecto.

Es importante resaltar que la modernización de la infraestructura vial contribuye también a prevenir accidentes en las carreteras. Si bien la buena conducta de los automovilistas es un factor decisivo para reducir el número de accidentes viales, el buen estado de la ruta, una correcta señalización y la mayor disponibilidad de espacio para poder conducir con comodidad son fundamentales para disminuir la probabilidad de ocurrencia de accidentes viales en rutas de acceso.

Para ser más preciso, la presente obra tiene por objeto la repavimentación y ensanche de 6.64 Km. de la ruta provincial N° 13 entre la avenida 143 y la ruta provincial

Nº 36. El proyecto a su vez, contempla el saneamiento hidráulico de la cuenca de un afluente del arroyo Del Gato, afectada por la traza de la obra. La obra proyectada comprende la ejecución de los siguientes rubros:

- Pavimento: El diseño estructural, adoptado en función del tránsito previsto y los suelos del lugar, consiste en un pavimento de hormigón simple con cordones integrales de 0.20 metros de espesor con malla de acero, que apoyará sobre una base de suelo cemento de 0.15 metros de espesor, sobre una sub-base de suelo seleccionado de 0,20 metros de espesor asentada sobre la subrasante compactada. La geometría adoptada está conformada por dos calzadas de 9 metros de ancho cada una (carriles de 4.5 metros cada uno) con un separador central de 2 metros.
- Desagües pluviales: Las obras de drenaje comienzan en los conductos de las calles 146 y 147 que descargan en el afluente del arroyo Del Gato. Se continúa con el ensanche y remodelación de las alcantarillas existentes.
- Obras complementarias: se incluye la ejecución de cordones embutidos de hormigón armado, la construcción y colocación de cañerías de PVC y cámaras para una futura semaforización, la reparación de las conexiones de agua corriente y veredas que se afecte con la ejecución de los trabajos previstos, señalización horizontal y vertical e iluminación.

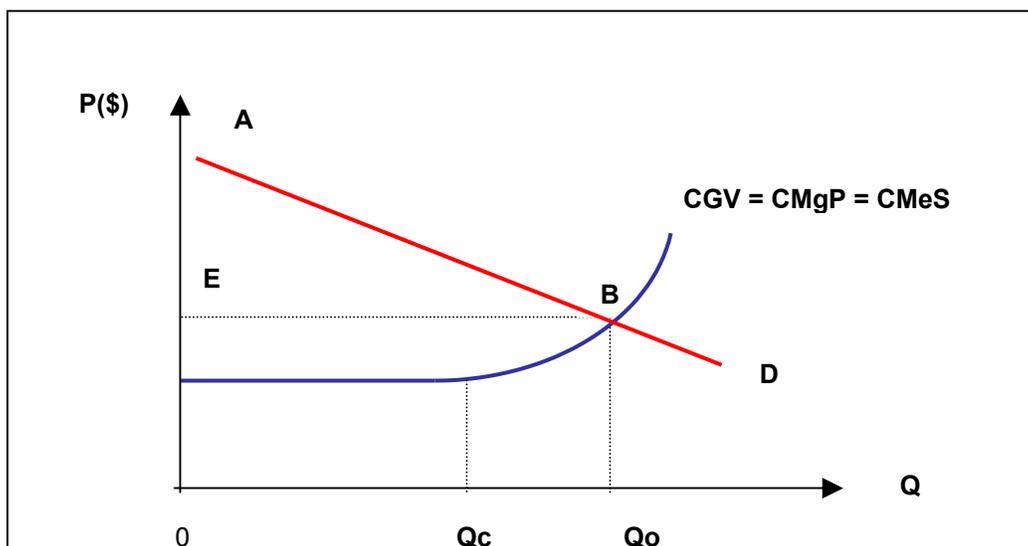
La superficie aproximada a pavimentar es de 110.300 metros cuadrados.

#### 4 Marco metodológico

##### 4.1 La demanda, los costos marginales y el excedente del consumidor

Desde el punto de vista económico el transporte es un “bien” y como tal se rige por las leyes del mercado. Existe una demanda de transporte, la cual refleja la disposición a pagar por viajes, la línea de pendiente negativa de gráfico 11 y existe una oferta que representa el costo en que se incurre por realizar tales viajes, la curva de pendiente positiva del mismo gráfico, donde el número de viajes,  $Q$ , por unidad de tiempo se representa en el eje de las abscisas y en el de las ordenadas se representa un valor económico  $P$ , medido en pesos. Ambas curvas expresadas en términos privados, es decir, a precios de mercado.

Gráfico 11: Demanda y Oferta de Transporte sin externalidad



El área  $0ABQ_0$  bajo la curva de demanda  $D$ , representa la disposición a pagar, y por lo tanto el beneficio que perciben los usuarios del camino, por realizar  $Q_0$  viajes entre el par origen-destino. El costo en que incurren los usuarios se denomina costo generalizado de viaje,  $CGV$ , el cual principalmente depende de la valoración del tiempo empleado en el viaje y del costo de operación de los vehículos en que se realizan dichos viajes (combustibles, lubricantes, neumáticos, etc.)<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> El  $CGV$  incluye además los costos derivados de accidentes de tránsito, costos de tiempo del transporte de carga, cambio en el nivel de contaminación atmosférica, niveles de ruido y cambios de uso de suelo.

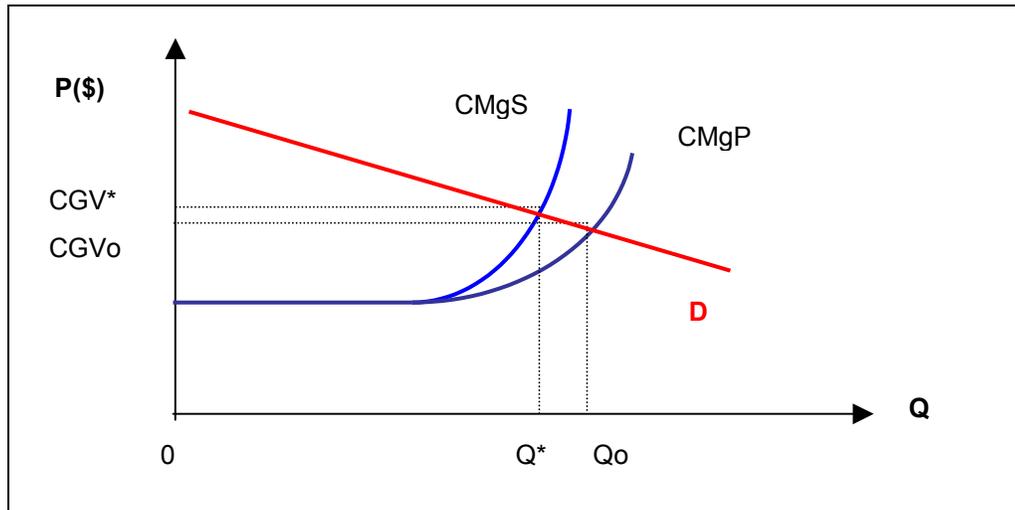
El costo que percibe el usuario que se incorpora a una ruta es el CGV, por lo que también se le conoce como costo marginal privado, CMgP. Dado que el CGV es el costo que percibe cada uno de los usuarios de la vía, también será igual al costo medio social, CMeS.

Entonces, el beneficio neto para los usuarios o excedente del consumidor corresponde a la diferencia entre la disposición a pagar por viajes, área  $0ABQ_0$ , y el costo que efectivamente pagan, área  $0EBQ_0$ , resultando el área ABE.

A medida que se realizan más viajes por unidad de tiempo, en una ruta, es posible que aumente el CGV debido a la congestión vehicular, situación que se refleja a partir de un nivel de tránsito  $Q_c$ , a partir del cual la incorporación de un nuevo usuario no solo incrementa el tiempo de viaje de si mismo, y por ende el CMgP; sino también el del resto de los usuario que ya circulaban. Por lo tanto cuando existe este tipo de externalidad negativa, el costo marginal social (CMgS) será mayor que el costo marginal privado (CMgP) del vehículo que se incorpora.

Como siempre que existe una externalidad negativa, la cantidad del bien producido en equilibrio, en este caso de tránsito  $Q_0$  es superior a la socialmente óptima  $Q^*$ . Como se muestra en el gráfico 12 el equilibrio ( $Q_0$ ) se produce donde se iguala el CMgP con la demanda D, esto debido a que el usuario toma la decisión en función del costo que percibe. El tránsito  $Q_0$  no sería óptimo desde el punto de vista social, el cual se lograría teóricamente para un tránsito  $Q^*$ , si existiera un peaje óptimo que hiciera percibir a los usuarios un CGV igual al CMgS.

Gráfico 12: Demanda y Oferta de Transporte con externalidad



#### 4.2 Identificación de los beneficios provenientes de la mejora<sup>10</sup>

La materialización de un proyecto caminero puede producir reasignación de flujos vehiculares. En este sentido se distinguen los siguientes tránsitos:

- Tránsito Normal: Corresponde al tránsito que no cambia su ruta por la ejecución del proyecto.
- Tránsito Desviado: Corresponde al tránsito que cambia su ruta por efecto del proyecto, pero mantiene su origen y destino.
- Tránsito Transferido: Corresponde al tránsito que por efecto del proyecto cambia su origen - destino o ambos.<sup>11</sup>
- Tránsito Generado: Corresponde al tránsito vehicular que se incorpora a la red vial por causa del proyecto, el cual antes no circulaba por ningún tramo de ella.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Esta sección se basa en MIDEPLAN (1992)

<sup>11</sup> Por ejemplo, un productor que al disponer de un camino en mejores condiciones decide comprar insumos en otra localidad.

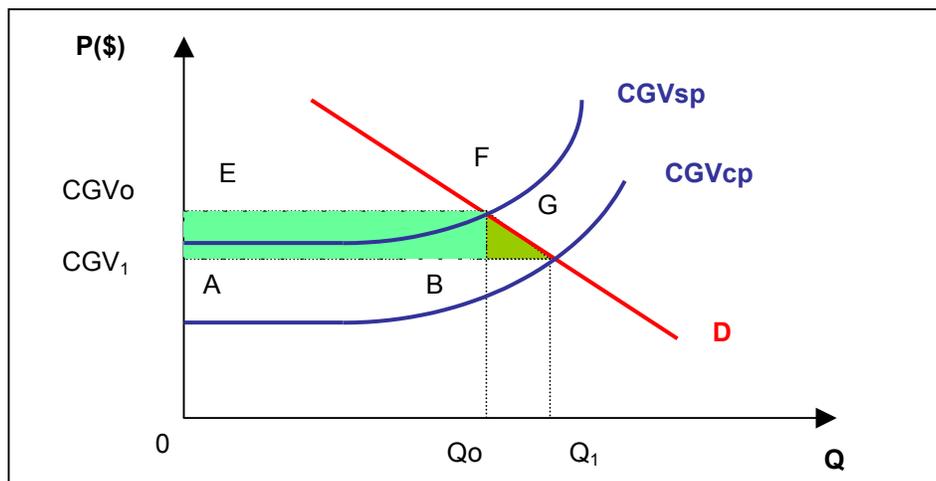
<sup>12</sup> Por ejemplo, la construcción de un camino de penetración genera tránsito al permitir la explotación de áreas que antes eran inaccesibles. Otro ejemplo, es el caso de los habitantes de predios agrícolas que al disponer de un camino en mejores condiciones deciden realizar más viajes a las zonas urbanas.

El beneficio total del proyecto es la suma de los beneficios directos e indirectos para cada uno de los tipos de tránsito.

#### 4.2.1 Beneficios directos

Un proyecto de mejora de la ruta se traduce en un aumento de velocidad media y en una mejora en las características de operación y por lo tanto en menores costos de viaje. El modelo general de medición de beneficios generados por una mejora, a través del Análisis Costo - Beneficio, considera la diferencia de costos entre las situaciones *con* y *sin* proyecto, siendo este ahorro de costos los beneficios del proyecto. En el gráfico 13 se presentan las curvas de CGV, tanto para la situación sin proyecto  $CGV_{sp}$ , como para la situación con proyecto  $CGV_{cp}$ . El efecto de la mejora del tramo produce una disminución de la curva CGV y por lo tanto un beneficio directo.

Gráfico 13: Beneficios directos



En la situación sin proyecto, el nivel de tráfico está dado por  $Q_0$ , cuyo costo o precio que cada unidad sucesiva de tráfico estaría dispuesta a pagar, es  $CGV_0$ . Con la mejora este costo baja a  $CGV_1$  y el volumen de tráfico aumenta a  $Q_1$ . El diferencial de tráfico ( $Q_0 - Q_1$ ) corresponde al tráfico transferido, desviado y generado adicional y el trazo ( $0 - Q_0$ ) al tráfico de los usuarios existentes en la vía sin mejora. El beneficio directo proveniente de la

mejora corresponde al área AEEFG, donde el rectángulo AEFB es el beneficio proveniente del tráfico normal de los antiguos usuarios, dado por el aumento en el excedente del consumidor que se produce al disminuir el precio de  $CDV_0$  a  $CGV_1$ . Los beneficios brutos recibidos por el tráfico transferido, desviado y generado están dados por el área  $Q_0FGQ_1$ , pero los costos que experimentan y que se suponen constantes son  $Q_0BGQ_1$ . Por lo tanto el triángulo FGB mide el beneficio neto del tráfico transferido, desviado y generado. En la práctica los mayores beneficios van a provenir de los actuales usuarios de la vía y en menor medida del tráfico transferido, desviado y generado. Debido a que es muy difícil de estimar y a que su importancia relativa es no significativa, por ser pequeño, muchas veces este “triángulito” de beneficio neto del tránsito transferido, desviado y generado no se calcula.

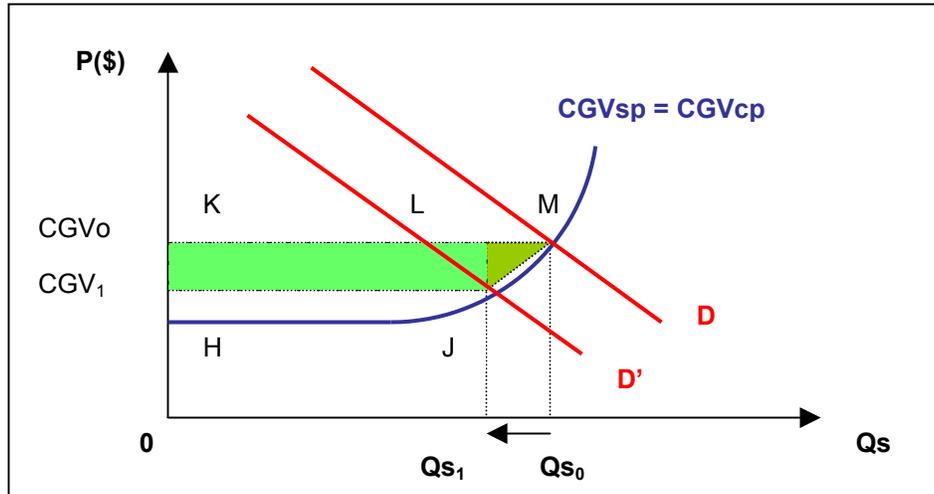
#### *4.2.2 Beneficios indirectos.*

Son los beneficios que obtienen por el proyecto usuarios de otras rutas sustitutas o complementarias.

Como consecuencia del proyecto una parte del tráfico de las rutas de acceso sustitutas será desviado a la ruta mejorada. El beneficio indirecto está dado por el menor tráfico sobre la vía sustituida, lo que llevará a un desplazamiento más rápido y por lo tanto a un ahorro de costos de tiempo para los ocupantes de los vehículos que circulan por esas rutas.

Por otra parte, como consecuencia del proyecto los volúmenes de tráfico de las vías que alimentan y evacuan el tramo mejorado, es decir de las vías complementarias, aumentarán por lo que el desplazamiento sobre estas vías será más lento, incrementando el costo de los que las utilizan.

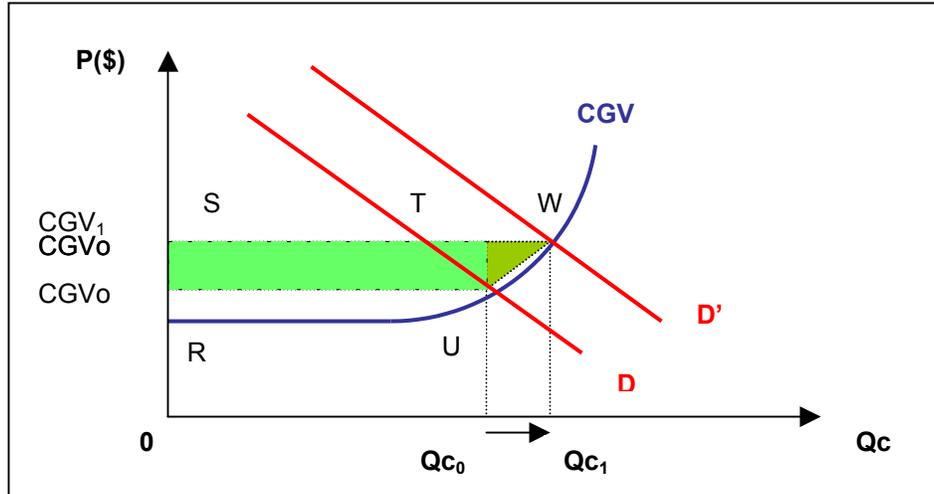
Gráfico 14: Beneficios indirectos en vía alternativa



En el gráfico 14 se muestra el equilibrio inicial de una vía alternativa a la del proyecto antes de la mejora, este se logra en el punto M, para un volumen de tráfico  $Q_{s0}$  y un costo por vehículo de  $CGV_0$ . La mejora de la ruta del proyecto hará que la demanda por la vía alternativa disminuya a  $D'$ , lográndose un nuevo equilibrio en el punto J, con un volumen de tráfico igual a  $Q_{s1}$ . En el caso que exista una distorsión negativa ( $CMgP$  distinto de  $CMgS$ ), tal como la congestión, la disminución del tránsito provocará un beneficio indirecto del proyecto. En efecto, para que los beneficios indirectos existan, se debe producir un cambio en el precio de los bienes sustitutos o complementarios y una diferencia entre los precios sociales y privados.

El beneficio indirecto producido por la desviación de  $(Q_0 - Q_1)$  unidades de tráfico de la vía sustituta, estará dado por el área  $HKMJ$ , de la cual el rectángulo  $HKLJ$  corresponde al aumento en el excedente del consumidor asociado al tránsito normal del camino sustituto o alternativo, debido a una reducción de la congestión y el área  $LMJ$ , corresponde al aumento en el excedente del consumidor, asociado al tránsito que se desvía y al que se transfiere a la ruta que el proyecto mejora; este incremento de excedente se determina por la reducción de la congestión hasta el punto en que el usuario decide cambiarse de ruta. En efecto, la disposición a pagar por desviarse, representada por un punto de la curva de demanda de la ruta mejorada, es igual al  $CGV$  del vehículo en el momento en que decide el cambio de ruta, el cual es menor que el  $CGV$  que tenía antes que se desviara algún vehículo.

Gráfico 15: Costos indirectos en vía complementaria



En el gráfico 15 se presenta el equilibrio inicial de un camino complementario al del proyecto antes de la mejora, este se alcanza en el punto U, donde la demanda D se cruza con la curva del CGV, para un nivel de tránsito  $Q_{c_0}$  y un costo  $CGV_0$ . La mejora de la ruta del proyecto hará que la demanda por la vía complementaria aumente a  $D'$ , produciéndose el nuevo equilibrio en el punto W con un volumen de tráfico igual a  $Q_{c_1}$ . En este caso se produce un incremento de CGV de  $CGV_0$  a  $CGV_1$ , ya que opera la congestión debido al mayor uso de la vía complementaria. El costo indirecto ocasionado por el aumento de tráfico sobre la vía complementaria estará dado por el área RSWU. Este costo puede considerarse como un beneficio indirecto negativo.

#### 4.3 Costos de un proyecto caminero <sup>13</sup>

Toda vez que se pretenda obtener beneficios es necesario incurrir en costos. Los costos relevantes en un proyecto caminero son: el costo de inversión o construcción que implica el proyecto y el costo de mantenimiento y de las reposiciones futuras necesarias.

Los costos de inversión corresponden a aquellos gastos en que se incurre para ejecutar el proyecto desde su inicio hasta que entra en operación. Dentro de este rubro se

<sup>13</sup> Esta sección se basa en MIDEPLAN (1992)

incluyen los siguientes ítems de costos: estudio de ingeniería, adquisición de terrenos, obras civiles, etc.

Los costos de mantenimiento o conservación son aquellos que se producen a lo largo de la vida del proyecto con el objeto de mantener la calidad y el nivel de servicio de la ruta. Se incluyen en este grupo el mantenimiento de las obras civiles (calzadas) y otros gastos como demarcación señalización, etc. Estos gastos se calculan tanto para la situación con proyecto como sin proyecto, y por diferencia se obtienen los ahorros (beneficios) antes mencionados.

Otros costos que muchas veces no son considerados como relevantes son los costos por demora. Estos son costos provocados por las molestias causadas durante la realización de las obras, ya que las mismas suelen provocar interferencias, desvíos y en algunos casos detenciones del tránsito.

Existen además ciertos beneficios y costos secundarios. Por causa del proyecto se pueden producir efectos en tramos donde no se realizan trabajos de construcción, por ejemplo, los caminos alternativos demandarán menos inversiones en conservación y se postergará la reposición futura de sus carpetas, en la medida que se haya desviado una buena parte de su tránsito pesado. En el caso de los caminos complementarios ocurrirá lo contrario, demandarán mayores inversiones.

Por último debe mencionarse a los denominados costos intangibles. Estos son costos de difícil cuantificación, debida a su propia esencia o dificultades técnicas. Dentro de los costos del proyecto se deben incluir las interferencias que provocan al tránsito las obras de construcción (desvíos, detenciones, molestias, congestión, etc.), contaminación atmosférica, intrusión visual, etc.

#### *4.4 Estimación de costos y beneficios a precios sociales.*

Hasta el momento los costos y beneficios sociales del proyecto se han calculado utilizando precios de mercado; tales como precios de combustibles, neumáticos, etc., para

determinar los costos generalizados de viaje (CGV) y precios de insumos para la construcción de las obras de infraestructura que requiere el proyecto.

Esto es adecuado en economías en que no existen distorsiones, pues en ellas los precios de mercado reflejan adecuadamente el precio social de los bienes y servicios que se transan. No obstante, en economías con distorsiones es necesario corregir los precios de mercado para obtener precios sociales.

Las distorsiones más importantes son:

- Impuestos específicos.
- Subsidios.
- Aranceles de importación.
- Diferencia entre el precio de oferta de la mano de obra y su precio de mercado.
- Diferencia entre el precio oficial de las divisas y el costo que efectivamente tienen para la sociedad.

Para estimar la inversión en términos sociales, se debe calcular las cantidades físicas de los ítems relevantes. Luego, los precios unitarios de cada ítem deben desagregarse en mano de obra (calificada, semicalificada y no calificada), componente nacional, componente importado e impuestos, y a cada uno de estos ítems se les aplican los precios sociales. Posteriormente multiplicando las cantidades físicas por los precios sociales de cada ítem se obtendrá el valor social de la inversión. Para estimar los beneficios sociales, se procede de forma similar.

Una vez calculados los costos y beneficios de un proyecto, valorados a precios sociales, es posible calcular los indicadores económicos más relevantes, a través de los cuales se podrá precisar la conveniencia económica del proyecto en cuestión.

### *5. Situación sin proyecto: Situación actual*

Como ya se ha precisado en la sección anterior, para identificar los beneficios y costos de un proyecto es necesario definir la situación base o situación sin proyecto, ya que de la comparación con lo que sucede en la situación con proyecto surgirán los costos y beneficios atribuibles al mismo. La situación sin proyecto consiste en la situación actual optimizada sobre la base de medidas administrativas e inversiones de menor costo. El análisis de la situación actual indica que no existen medidas de optimización significativas, por lo que se considera a la situación actual como la situación sin proyecto.

La ruta Provincial N° 13, en el tramo estudiado, tiene los problemas ya descritos en la sección 2. Básicamente, presenta problemas de saturación, es decir, de falta de capacidad.

La Dirección Provincial de Vialidad calculó el volumen actual de tránsito en el tramo bajo estudio, más específicamente, el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA), así como la composición de la demanda, es decir, la proporción de los distintos tipos de vehículos que utilizaban la ruta. Esta última ya ha sido presentada en el cuadro 2 de la sección 2. Con respecto al TMDA, la mencionada Dirección asumió una tasa de crecimiento del 3% anual. A continuación se presenta el cuadro con el TMDA actual y proyectado. El horizonte de evaluación es de 15 años, tal como se estila en evaluaciones de este tipo.

Cuadro 5: TMDA

Años	TMDA
0	10900
1	11227
2	11564
3	11911
4	12268
5	12636
6	13015
7	13406
8	13808
9	14222
10	14649
11	15088
12	15541
13	16007
14	16487
15	16982

Fuente: DPV

La Dirección Provincial de Vialidad no solo mide el volumen del tránsito sino también las velocidades de circulación. A continuación se presentan dichas velocidades promedio para los distintos tipos de vehículo.

Cuadro 6: Velocidad en situación actual

Tipo de vehículo	Velocidad (km/h)
Autos	60
Buses	40
Camiones livianos	40
Camiones pesados	40

Fuente: DPV

Sabiendo la longitud del tramo bajo estudio y las velocidades de circulación, se puede calcular el tiempo de viaje por tipo de vehículo. Éste sería el cociente entre la longitud del tramo en la situación sin proyecto y la velocidad media de un determinado tipo de vehículo en la situación sin proyecto. Como ya se ha mencionado, la longitud de la Ruta

Provincial 13 entre la Ruta Provincial 36 y la avenida 143 es de 6.64 Km., con lo cual el tiempo empleado para recorrer el tramo por tipo de vehículo será:

Cuadro 7: Tiempo de recorrido en situación actual

Tipo de vehículo	Tiempo de recorrido (h)	Tiempo de recorrido (m)
Autos	0,1	7
Buses	0,2	10
Camiones livianos	0,2	10
Camiones pesados	0,2	10

Fuente: DPV

#### 6. Situación con proyecto

Para poder identificar los costos y beneficios se debe definir también la situación con proyecto. Como ya se ha precisado, el proyecto consiste en la repavimentación y ensanche de un tramo específico de la ruta provincial N° 13 (para más detalle ver sección 3). A través del mismo se logra incrementar la capacidad de la ruta, permitiendo que los vehículos circulen a una mayor velocidad. Con el proyecto se espera que los vehículos circulen a las siguientes velocidades

Cuadro 8: Velocidad en situación con proyecto

Tipo de vehículo	Velocidad (km/h)
Autos	80
Buses	60
Camiones livianos	60
Camiones pesados	60

Fuente: DPV

Debido a que la realización del mencionado proyecto no implica un incremento en los kilómetros recorridos, disminuye el tiempo de viaje. Ahora, el tiempo que se tardaría, por tipo de vehículo, en recorrer el tramo sería:

Cuadro 9: Tiempo de recorrido en situación con proyecto

Tipo de vehículo	Tiempo de recorrido (h)	Tiempo de recorrido (m)
Autos	0,08	5
Buses	0,11	7
Camiones livianos	0,11	7
Camiones pesados	0,11	7

Fuente: DPV

Con respecto a la demanda de la situación con proyecto, supondremos que no varía respecto de la situación sin proyecto. Dicho con otras palabras, el proyecto no genera, ni transfiere, ni desvía tránsito, sino que mantiene un nivel de tránsito normal.<sup>14</sup>

### 7. Cálculo de los Beneficios del Proyecto

En esta sección se presenta el cálculo de los beneficios que genera la ampliación del tramo bajo estudio. Para ello, se considerarán solo los beneficios directos, es decir los que se generan sobre los usuarios del tramo en cuestión, asumiendo que el proyecto no produce beneficios indirectos sobre los usuarios de caminos alternativos y/o complementarios<sup>15</sup>.

Los beneficios directos se producen gracias a la reducción del CGV, producto de la mejora que implica el proyecto. Para estimar dicho ahorro de costos, primero debe precisarse como se conforma el CGV. Por un lado, se considera que el CGV está compuesto por el costo del tiempo de viaje y por el costo de operación del vehículo; por ser éstos los costos más relevantes. A este caso se lo llamará el “caso conservador”. El valor del tiempo para los usuarios está dado por el ingreso de los mismos. El costo de operación del vehículo se supone que sólo se encuentra afectado, en forma relevante, por el consumo de combustible, ya que éste puede ser asociado a la velocidad de circulación, y por lo tanto puede determinarse un cambio al variar la velocidad. El valor correspondiente

<sup>14</sup> En el Anexo 1 se expone el caso en el cual el proyecto genera tránsito.

<sup>15</sup> Este supuesto se base en la idea de que los efectos indirectos son relativamente no significativos y se implementa debido a la falta de información.

al consumo de lubricantes, si bien es relativamente importante, no se ha calculado, debido a la dificultad que presenta su cálculo y a que se considera que no afectará el signo del VAN, se ha optado por no considerarlo. Para los neumáticos se tiene que, por un lado, puede haber un mayor desgaste al aumentar la velocidad de circulación y, por otro, puede disminuir el desgaste al haber menos congestión (y por tanto menos arranques y frenadas). Debido a que los efectos se compensan entre ellos, se ha decidido no considerar este ítem dentro de los costos de operación. En relación a la depreciación, se puede afirmar que este ítem no depende de la velocidad de circulación, sino de otros factores como ser año de fabricación y kilómetros recorridos. Por tanto, tampoco se lo incluye en la evaluación.

Por otro lado, cuando el CGV incluya, además de los ya mencionados, el costo de los accidentes, se estará en presencia del “caso no conservador”. La generación de los beneficios relacionados con los accidentes del tránsito está dada por el diferencial de accidentes ocurridos en la situación sin proyecto y con proyecto. Aplicando el costo promedio de un accidente a este diferencial se obtiene el beneficio señalado. El número de accidentes de tránsito tiene relación con varios factores, entre los que se destacan: el volumen del tráfico, la distancia recorrida, la velocidad de circulación y la superficie de circulación. El proyecto que aquí se estudia no produce un cambio significativo en el volumen del tráfico (de hecho se considera que el proyecto no genera tráfico). Tampoco modifica la distancia recorrida, la cual permanece inalterable en la situación sin y con proyecto. Lo que sí varía, son las velocidades de circulación y la capacidad y estado de la superficie de circulación, provocando un incremento y una disminución de los accidentes respectivamente. Si bien es cierto que los efectos tenderían a anularse entre sí, la Dirección de Vialidad Provincial considera que el efecto del incremento de la capacidad de la superficie de rodado y de mejora en el estado de la superficie de rodado superan al efecto del incremento de la velocidad de circulación, por lo tanto, el proyecto produce una reducción del número de accidentes.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> En general, la DVP realiza un cálculo muy conservador de los beneficios de un proyecto, asumiendo que la mejora a implementar solo produce una reducción en el costo del tiempo de viaje de los usuarios del camino. Pero reconoce que existen otros beneficios, que no calculan, entre los que se encuentran la reducción del número de accidentes.

## 7.1 Caso Conservador

Los beneficios totales del caso conservador comprenden, como ya se ha precisado, los beneficios por reducción de tiempo de viaje y los beneficios por reducción del consumo de combustible. Para estimar los beneficios se calculan los costos del tiempo de viaje y del combustible en la situación sin proyecto y se los compara con los respectivos costos de la situación con proyecto.

### 7.1.1 Beneficios por reducción del tiempo de viaje

Para calcular el ahorro de costos debido a la reducción del tiempo de viaje, se asume que el valor de tiempo es de \$5 la hora. Este valor surge de considerar que un trabajador promedio trabaja 48 horas semanales y de estimar el valor de una hora de trabajo a partir de distintas fuentes (partiendo del PBI, PBG, ingreso promedio, remuneración declarada a la SIJP; ver anexo 3). Un cálculo más riguroso exigiría que se discrimine al flujo de tránsito por motivo de viaje, ya que los usuarios del tramo pueden hacer uso del mismo por distintas razones, como ser trabajar, estudiar o simplemente por motivos de ocio. Según sea el motivo del viaje será el valor del tiempo de los usuarios del vehículo, naturalmente si el viaje es por motivos de trabajo el valor del tiempo de viaje será mayor que si el viaje es por razones de ocio. Si bien en general es difícil contar con esta información, la misma puede aproximarse si es que se tienen mediciones del flujo clasificado por día (de semana o de fin de semana) y/o por hora. De esta forma podría suponerse que quienes hacen uso del tramo del camino en un día de semana y durante las horas laborales lo utilizan por motivos de trabajo o de estudio y el resto por motivos de ocio. Debido a que solo se tiene el dato de la TMDA esta aproximación no puede realizarse. Por lo tanto, se considera que la falta de datos constituye una limitación importante del cálculo aquí presentado.

En la Tabla 1 del Anexo de Tablas se muestran los costos del tiempo de viaje en la situación sin y con proyecto para cada tipo de vehículo. Estos no son otra cosa que el producto entre el valor tiempo por hora y el tiempo de recorrido medido en horas (cuadro 7 y 9). Se observa que en los cuatro tipos de vehículos considerados se produce una reducción del costo del tiempo de viaje que en promedio es de \$0.15 por persona. La Tabla 2 del Anexo de Tablas muestra el cálculo de los usuarios del tramo bajo estudio de la ruta N°13 por cada tipo de vehículo. Para ello, debe introducirse el concepto de *tasa de*

ocupación. La tasa de ocupación indica la cantidad de personas que utilizan el camino por tipo de vehículo. En el cuadro 10 se presenta la tasa de ocupación por vehículo.

Cuadro 10: Tasa de ocupación

Tipo de vehiculo	Tasa de ocupación (personas por vehículo)
Autos	2
Buses	30
Camiones livianos	1
Camiones pesados	1

Fuente: DPV

El número de usuarios de un determinado tipo de vehículo se calcula multiplicando la TMDA (del cuadro 5) por el porcentaje de ese tipo de vehículo en el flujo total de tránsito (del cuadro 2) por la tasa de ocupación de dicho tipo de vehículo (del cuadro 10). Por último, para calcular el beneficio o ahorro total debido la reducción del tiempo de viaje, se debe simplemente sumar el producto entre la reducción de costos por tipo de vehículo de la Tabla 1 del Anexo de Tablas y el número de usuarios respectivos. A continuación se presenta el cuadro con los beneficios totales por reducción en el tiempo de viaje.

Cuadro 11: Beneficios por reducción del tiempo de viaje (en \$)

Años	Beneficios por ahorro en costo del tiempo de viaje
0	
1	2.613.247
2	2.691.644
3	2.772.394
4	2.855.565
5	2.941.232
6	3.029.469
7	3.120.353
8	3.213.964
9	3.310.383
10	3.409.694
11	3.511.985
12	3.617.345
13	3.725.865
14	3.837.641
15	3.952.770

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.2 Beneficios por reducción en el consumo de combustible

Para calcular el ahorro de costos por reducción del consumo de combustible se debe conocer *el rendimiento del combustible*. Es decir, *cuantos Km. puede recorrerse con un litro de combustible, el cual varía según la velocidad a la que se circule*. A continuación se presenta el rendimiento del combustible por tipo de vehículo y velocidad de circulación

Cuadro 12: Rendimiento del Combustible

Velocidad (km/h)	Automóviles (km/litros)	Locomoción coletiva y camión (km/litros)
10	4,7	1,8
14	5,5	2
16	5,9	2,1
20	6,6	2,2
24	7,2	2,4
28	7,9	2,5
32	8,5	2,6
36	8,8	2,5
40	9,1	2,5
44	9,4	2,4
48	9,7	2,3
52	9,6	2,2
56	9,5	2,1
60	9,3	2
64	9,2	1,9
68	9	1,8
72	8,7	1,7
76	8,5	1,6
80	8,2	1,5

Fuente: Comisión de Transporte (Chile)

Del cuadro se desprende, por ejemplo, que debido al proyecto los automóviles consumirán más combustible por kilómetro recorrido (o recorrerán menos kilómetros con cada litro de combustible) ya que la velocidad de recorrido aumenta de 60 km/hora a 80 Km./hora. En la Tabla 3 del Anexo de Tablas se estima el combustible consumido por cada tipo de vehículo a la velocidad de recorrido específica dividiendo la longitud del tramo por el rendimiento respetivo, tanto para la situación sin proyecto como para la situación con proyecto. Para calcular el costo incurrido por el consumo de combustible por tipo de vehículo, en cada situación, se multiplican los litros consumidos de un tipo de vehículo por el valor del combustible. Se asume que el valor del combustible (sin impuestos) es de \$0.72

por litro.<sup>17</sup> Se deben ahora calcular los litros consumidos por todos los vehículos que utilizan la ruta. En la Tabla 4 del Anexo de Tablas se calculan los litros consumidos por todos los automóviles, los buses, los camiones livianos y los camiones pesados para la situación sin y con proyecto. Para ello se debe multiplicar el combustible consumido para un tipo de vehículo (de la tabla 3 del Anexo de Tablas) por la TMDA ( del cuadro 5) por el porcentaje de ese tipo de vehículo en el flujo total anual (del cuadro 2). Por último, deben calcularse los litros ahorrados (o gastados) incrementalmente por cada tipo de vehículo como la diferencia entre los litros consumidos en la situación sin proyecto y la situación con proyecto. Como puede observarse, la cantidad de litros consumidos aumenta con el proyecto, con lo cual no se produce un ahorro de combustible sino un incremento del gasto en combustible. Dicho desahorro se calcula sumando el producto de los litros consumidos de más por cada tipo de vehículo y el valor de un litro de combustible. Este desahorro no representa un beneficio del proyecto sino un costo del mismo.

Cuadro 13: Desahorro por consumo de combustible (en \$)

Años	Beneficios por ahorro en consumo de combustible
0	
1	- 448.734
2	- 462.196
3	- 476.062
4	- 490.344
5	- 505.054
6	- 520.206
7	- 535.812
8	- 551.886
9	- 568.443
10	- 585.496
11	- 603.061
12	- 621.153
13	- 639.788
14	- 658.981
15	- 678.751

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, de la suma de los beneficios calculados se obtiene los beneficios totales brutos. Si a estos se le descuentan los costos de mantenimiento se hallan los beneficios netos. (ver

---

<sup>17</sup> Corresponde al promedio del precio sin impuesto de los distintos tipos de nafta. Fuente: Elaboración propia en base a Secretaría de Energía.

tabla 5 del Anexo de Tablas y sección 8.2). A continuación se presentan los beneficios totales del caso conservador.

Cuadro 14: Beneficios Netos Totales – Caso Conservador (en \$)

Años	Beneficio netos totales
0	
1	2.131.513
2	2.196.448
3	2.263.331
4	2.332.221
5	2.403.178
6	2.476.263
7	2.551.541
8	2.629.077
9	2.708.940
10	2.791.198
11	2.875.924
12	2.963.192
13	3.053.077
14	3.145.660
15	3.241.020

Fuente: Elaboración propia

## 7.2 Caso no Conservador

El caso no conservador incluye además de los beneficios ya calculados por disminución del tiempo de viaje y consumo del combustible, los provenientes del ahorro de costos por reducción de accidentes. Para calcularlos se tomaron datos acerca del número de heridos y muertos en accidentes de tránsito de la provincia de Buenos Aires<sup>18</sup>. Se sabe que en el año 2004, se produjeron 4,7 muertos y 27 heridos cada 100 millones de vehículos-kilómetros (en rutas pavimentadas)<sup>19</sup>. El costo por accidentes por vehículo del tramo bajo estudio es simplemente la suma del costo de las vidas perdidas por vehículo por kilómetro

18 Si bien lo más indicado hubiera sido utilizar datos del número de heridos y muertos en el tramo del proyecto, estos datos no se encuentran disponibles. Al tomar al número de muertos y heridos en accidentes de tránsito cada 100 millones de vehículos kilómetros de la provincia de buenos Aires se asume, implícitamente que dicho promedio también se da en el tramo bajo estudio; implícitamente se asume que la distribución de muertos y heridos en las rutas de la provincia de Buenos Aires es uniforme.

19 Fuente: Asociación Luchemos por la vida

más el costo de los heridos por vehículo por kilómetro. El primero es el producto entre el número de muertos por vehículo por kilómetro y el valor de una vida. De igual forma se procede para calcular el costo de los heridos. Ambos son multiplicados por la longitud del tramo para hallar el costo por vehículo. De la diferencia entre la situación sin y con proyecto se obtiene la reducción de costos. Este caso, se asume, siguiendo a Lopez Murphy (2003) que el proyecto permite una reducción de los costos por accidentes del 50 %.

Para calcular el valor de una vida, utilizado en el cálculo del costo de un accidente fatal, existen distintos métodos. El enfoque del Capital Humano supone que el valor de una vida es igual al valor presente de los ingresos futuros (perdidos) que hubiera ganado el individuo en el resto de su vida si no se hubiera producido el accidente fatal. Este método no incluye el valor subjetivo que los individuos le asignan a la vida. Otro método comúnmente utilizado es el de la Disponibilidad a Pagar que es una aplicación del método de precios hedónicos o del método de valuación contingente. Otro método de aplicación frecuente es el método la transferencia que consiste en tomar el valor de la vida calculado en otro país y por medio de ajustes “transferirlo” al país donde se hace el estudio. En Conte Grand et al. (2003) se utiliza el enfoque de capital humano y se encuentra que el valor de una vida para el Gran Buenos Aires es de \$70.000. En Lopez Murphy (2003) se utiliza un valor de \$400.000, siendo éste el valor superior de un rango calculado por Jones Lee (1994) para economías en desarrollo; utilizando el mismo método. En este caso se utiliza el valor de Conte Grand et al. (2003) y se asume, siguiendo a Lopez Murphy (2003) que el valor de un herido es el 10% del valor de una vida.

En el caso de los accidentes fatales la reducción de costos por accidentes por vehículo atribuidos al proyecto es de \$0.011 y en el caso de accidentes con heridos la reducción de costos por vehículo es de \$0.006.

Al ahorro de costos se lo debe multiplicar por el número de usuarios que utilizan la ruta para así hallar el beneficio total por reducción de accidentes. (Ver Tablas 6, 7, 8 y 9 del Anexo de Tablas). A continuación se presentan los beneficios por accidentes

Cuadro 15: Beneficios por Reducción de Accidentes (en \$)

Años	Beneficios por accidentes
0	
1	227.400
2	234.222
3	241.249
4	248.486
5	255.941
6	263.619
7	271.528
8	279.674
9	288.064
10	296.706
11	305.607
12	314.775
13	324.219
14	333.945
15	343.963

Fuente: Elaboración propia

De la suma de los beneficios del cuadro 15 y de los beneficios del Cuadro 14 se obtienen los beneficios netos totales del caso no conservador.

Cuadro 16: Beneficios Netos Totales – Caso No conservador (en \$)

Años	Beneficio netos totales
0	
1	2.358.913
2	2.430.670
3	2.504.580
4	2.580.708
5	2.659.119
6	2.739.883
7	2.823.069
8	2.908.751
9	2.997.004
10	3.087.904
11	3.181.531
12	3.277.967
13	3.377.296
14	3.479.605
15	3.584.983

Fuente: Elaboración propia

## 8. Cálculo de la Inversión del Proyecto

### 8.1 Costos de Construcción

Los costos de construcción son aquellos gastos que se realizan para ejecutar el proyecto desde su inicio hasta su operación. Dentro de este concepto se incluyen fundamentalmente los costos por obra civil o de ingeniería. En el Cuadro 17 se presentan los costos de construcción o inversión del proyecto, suministrados por la Dirección Provincial de Vialidad.<sup>20</sup> Del mismo se desprende que la inversión del proyecto asciende a total de \$13.357.785.

Cuadro 17: Inversión

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
Pavimento de hormigón con cordones integrales y malla	m2	110.300	99	10.918.788
Cordón Embutido	m	610	81	49.218
Cañería de Ho Simple 0,5m	m	260	90	23.348
Cañería de Ho Simple 0,6m	m	30	115	3.448
Cañería de Ho Simple 0,8m	m	530	189	100.109
Cañería de Ho Simple 1,0m	m	1.000	260	259.711
Cañería de Ho Simple 1,2m	m	200	313	62.587
Sumidero tipo LV2	u	9	825	7.426
Sumidero tipo LV3	u	8	987	7.896
Sumidero tipo LV4	u	3	1.234	3.701
Sumidero tipo SP1	u	11	656	7.214
Cámara de inspección tipo A	m	20	1.170	23.399
Cámara de enlace ciega	m	3	721	2.163
Alcantarilla de HoAo 1,00*0,80m L=25m	u	2	13.553	27.107
Alcantarilla de HoAo 2,00*2,00m L=20m	u	1	23.751	23.751
Alcantarilla de HoAo 3,00*2,00m L=30m	u	2	43.161	86.323
Alcantarilla de HoAo 3,00*1,50m L=30m	u	1	39.279	39.279
Caño de PVC extraduro 0,10m	m	30	13	404
Iluminación	gl	1	436.364	436.364
Señalización horizontal	m2	440	93	41.018
Señalización vertical	m2	40	733	29.330
Movilidad	km	200.000	1	115.702
Saneamiento	m3	20.000	22	446.446
Otros				643.053
<b>TOTAL</b>				<b>13.357.785</b>

Fuente: Dirección Provincial de Vialidad

Nota: Los precios unitarios no incluyen impuestos

<sup>20</sup> Es importante aclarar que no se tuvo acceso a la forma de cálculo de los precios solo se sabe que los mismos no incluyen impuestos. Sin embargo, por tratarse un de un proyecto de que podría ser considerado como “pequeño”, ya que implica la pavimentación de menos de 7 km de ruta, podría suponerse que éste no altera los precios de mercado.

## *8.2 Costos de Mantenimiento*

Los costos de mantenimiento son aquellos que se incurren cuando se llevan acciones tendientes a evitar el deterioro acelerado de la carpeta de rodado, postergando su reposición. En otras palabras, el mantenimiento o conservación de los caminos tiene por objeto mantener los estándares o niveles de servicio mínimos, prolongar la vida útil del pavimento o evitar su deterioro anticipado. La Dirección de Vialidad Provincial estima que los costos de mantenimiento de la situación con proyecto son superiores a los de la situación sin proyecto (ya que la primera se trata de una vía con mayor capacidad) y considera que esa diferencia es de \$33.000 anuales (costo equivalente), la cual se resta de los beneficios brutos para hallar los beneficios netos en cada uno de los casos presentados.

## *8.3 Costos por demora*

Los costos por demora o molestias surgen durante la realización de las obras, ya que las mismas suelen provocar interferencias, desvíos y en algunos casos detenciones del tránsito. Según la Dirección Provincial de Vialidad, el período de construcción es de un año y aproximadamente 100 metros por día serán utilizados para el avance de la obra<sup>21</sup>. Por ello, se prevé que en ese pequeño tramo haya una reducción de la velocidad de circulación de 50 km/h para los automóviles y de 30km/h para el resto de los vehículos. Con lo cual la velocidad de circulación sería de 10 km/h para todo tipo de vehículo. La Dirección Provincial de Vialidad considera que estos costos son insignificantes debido al pequeño tramo afectado cada vez (aunque la cantidad de viajes y la duración de la demora por un año pueden volverlo más importante) y por lo tanto no los calcula. En principio, se seguirá el mismo criterio y por ende no se incluirán dichos costos en el análisis. Sin embargo, en el Anexo 2 se presentará una estimación de los mismos.

---

<sup>21</sup> Es decir que 100 metros serán utilizados para la construcción, depósito de materiales, equipos etc.

## 9. Cálculo del VAN, TIR y TRI

### 9.1 Criterios de decisión

Para evaluar económicamente el proyecto se calcularán los siguientes indicadores:

#### a) Valor actual neto (VAN)

Para poder comparar los flujos de costos y beneficios del proyecto, éstos deben estar expresados en moneda de un momento determinado del tiempo. Comúnmente éste suele ser el momento cero o momento en el que se realiza la inversión. Para ello, es necesario descontar los flujos a través de una tasa social de descuento.

El VAN corresponde a la diferencia entre los costos y los beneficios actualizados e indica, si es positivo, cuánto más rico se hace el país y; si es negativo, cuánto más pobre se vuelve la sociedad, al realizar el proyecto.

Entonces, el criterio de decisión puede expresarse de la siguiente manera: la inversión será rentable sólo si el valor actual del flujo de beneficios netos que genera es positivo, descontando estos flujos a la tasa social de descuento.

#### b) Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR es aquella tasa de descuento que hace al VAN igual a cero, es decir que es aquella tasa de descuento que aplicada a un flujo de beneficios netos ( $B_i - C_i$ ) hace que el beneficio al año cero sea exactamente igual a cero. Por ello, la TIR se obtiene de resolver la siguiente ecuación:

$$\sum_{i=0}^n \frac{(B_i - C_i)}{(1 + TIR)^i} = 0$$

En este caso el criterio de decisión es el siguiente: será conveniente realizar la inversión cuando la tasa social de descuento sea menor que la TIR que arroja el proyecto.

#### c) Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

El momento óptimo de ejecución del proyecto es aquel para el cual se maximiza el valor actual de los beneficios netos del proyecto. Para los proyectos camineros puede suponerse

que la inversión inicial no variará si el proyecto se posterga y que los beneficios serán crecientes en el tiempo; ya que como en la mayoría de los países en desarrollo, el área en estudio presenta un crecimiento sostenido de las variables población, ingreso y tasas de motorización. Estas variables determinan una demanda también creciente por el uso de la red vial y por consiguiente un beneficio creciente al desarrollar proyectos de mejoramiento en la red. Además, puede asumirse que los beneficios netos anuales dependen única y exclusivamente del tiempo calendario, esto es, no se ven afectados por el momento de construcción del proyecto y que el período de análisis puede ser lo suficientemente extenso como para independizarse del beneficio del último año. Cuando todo esto ocurre, el momento de construcción puede determinarse realizando año a año un análisis de los resultados de la inversión para el primer año de la vida útil, sin necesidad de evaluar los resultados asociados a los años futuros. En efecto, si se posterga la ejecución de un proyecto caminero se incurre en un costo igual al beneficio del primer año de operación del proyecto, el cual se deja de percibir y se percibe el beneficio de postergar en un año la inversión inicial. La postergación del proyecto es conveniente si se cumple que los beneficios netos del primer año son inferiores al "costo de capital" (producto entre la inversión y la tasa social de descuento). La TRI es el cociente entre el beneficio neto y la inversión.

En este contexto, la regla de decisión es: la ejecución del proyecto será óptima en aquel momento para el cual la TRI sea igual al costo social de capital.

## *9.2 Evaluación*

Para poder aplicar los métodos descritos en la sección anterior es preciso definir cual será la tasa de descuento social. En Harberger (1985) se define el costo de oportunidad de capital para una economía abierta como el promedio ponderado entre la tasa de retorno de la inversión, la tasa de retorno del ahorro doméstico y la tasa de retorno de ahorro externo. En Chile se había fijado una tasa del 12%, pero a partir del 2004 se usa una del 10%. Para Estados Unidos se usaba una tasa del 7%. Para Argentina, no hay una tasa social especialmente calculada por algún organismo del Estado, sin embargo en Lopez Murphy

(2003) se estima una tasa de descuento social “de al menos 11% anual”, que será la que se utilizará en este caso.

Si no se consideran los beneficios por reducción de accidentes, se tiene que el VAN del proyecto es de \$4.651.163, la TIR es del 16,5% y la TRI es del 16%. Mientras que si dichos beneficios sí se consideran el VAN del proyecto es de \$6.568.085, la TIR es del 18,5% y la TRI es del 17,7%. Por lo tanto se tiene que el proyecto es económicamente rentable, ya que genera riqueza (VAN positivo) y la TIR es superior a la tasa de descuento social, en cualquiera de los casos. Asimismo, debido a que la TRI es superior a la tasa de descuento social (11%) es conveniente la realización inmediata del proyecto.

Cuadro 18: Cálculo del VAN

Tasa social de descuento	VAN Caso Conservador	VAN Caso no Conservador
5%	13.420.058	16.269.283
8%	8.388.589	10.702.905
<b>11%</b>	<b>4.651.163</b>	<b>6.568.085</b>
12%	3.622.089	5.429.581
15%	1.033.275	2.565.450

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 19: Cálculo de la TIR y TRI

TIR		TRI	
Caso Conservador	Caso no Conservador	Caso Conservador	Caso no Conservador
16,5%	18,5%	16,0%	17,7%

Además se calculó el período de recuperación, es decir el número de años requeridos para recuperar el capital invertido en el proyecto. Este método no considera el valor tiempo del dinero. Para el Caso Conservador se tiene que en 5 años y 10 meses, aproximadamente, se recupera el capital invertido y en el Caso No Conservador en 5 años y 4 meses aproximadamente.

## 10. Análisis de Sensibilidad

El objetivo de esta sección es estudiar cuan sensible es el valor del proyecto, es decir como responde el valor del proyecto ante cambios en las variables que lo determinan.

### 10.1 Caso Conservador

Para este caso se sensibilizaron las siguientes variables:

- Valor del tiempo
- Inversión
- Precio del Combustible

A continuación se presentan los Cuadros con los resultados:

Cuadro 20: Sensibilidad Valor del Tiempo

Var Valor del Tiempo	Valor del Tiempo	TIR	VAN 11%	Var TIR	Var VAN
-40%	3,0	5,3%	4.160.418	-68%	-189%
-30%	3,5	8,5%	1.957.523	-49%	-142%
-20%	4,0	11,3%	245.372	-31%	-95%
-10%	4,5	14,0%	2.448.268	-15%	-47%
<b>0%</b>	<b>5,0</b>	<b>16,5%</b>	<b>4.651.163</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
10%	5,5	18,8%	6.854.058	15%	47%
20%	6,0	21,2%	9.056.954	29%	95%
30%	6,5	23,4%	11.259.849	42%	142%
40%	7,0	25,6%	13.462.744	56%	189%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 21: Sensibilidad Inversión

Var Inversión	Inversion	TIR	VAN 11%	Var TIR	Var VAN
-40%	8.014.671	28,7%	9.994.277	74%	115%
-30%	9.350.450	24,5%	8.658.499	49%	86%
-20%	10.686.228	21,3%	7.322.720	29%	57%
-10%	12.022.007	18,6%	5.986.941	13%	29%
<b>0%</b>	<b>13.357.785</b>	<b>16,5%</b>	<b>4.651.163</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
10%	14.693.564	14,6%	3.315.384	-11%	-29%
20%	16.029.343	13,0%	1.979.606	-21%	-57%
30%	17.365.121	11,6%	643.827	-29%	-86%
40%	18.700.900	10,4%	691.951	-37%	-115%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 22: Sensibilidad Precio del Combustible

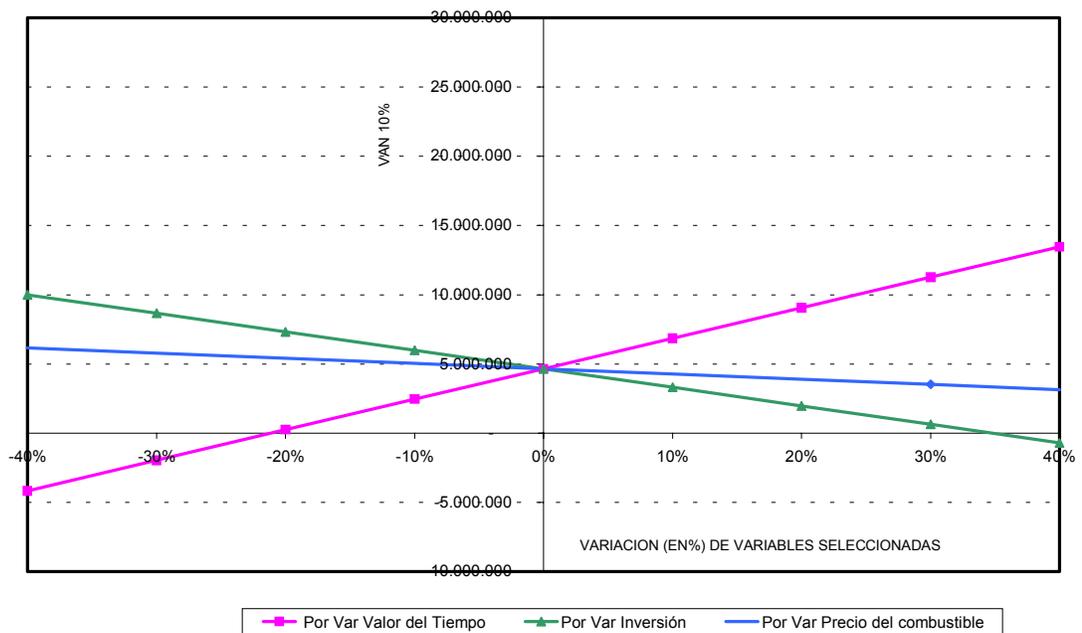
Var Precio del combustible	Precio del combustible	TIR	VAN 11%	Var TIR	Var VAN
-40%	0,43	18,1%	6.164.245	10%	33%
-30%	0,50	17,7%	5.785.975	8%	24%
-20%	0,57	17,3%	5.407.704	5%	16%
-10%	0,65	16,9%	5.029.434	3%	8%
<b>0%</b>	<b>0,72</b>	<b>16,5%</b>	<b>4.651.163</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
10%	0,79	16,0%	4.272.892	-3%	-8%
20%	0,86	15,6%	3.894.622	-5%	-16%
30%	0,93	15,2%	3.516.351	-8%	-24%
40%	1,00	14,7%	3.138.080	-10%	-33%

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de sensibilidad surge que las variables que más repercuten sobre el VAN y la TIR son el valor del Tiempo de los usuarios de la ruta y el monto de la inversión. Una caída de la inversión de un 30% hace que el VAN aumente un 86% y un incremento del valor del tiempo del 20% hace que el VAN se incremente en un 95%.

Gráfico 16

SENSIBILIDAD DEL VAN11% ANTE CAMBIOS EN VARIABLES SELECCIONADAS



A continuación se presentan los resultados de la sensibilización conjunta de la inversión y del valor del tiempo

Cuadro 23: Sensibilidad Conjunta

		Valor del Tiempo							
		3	4	5	5,5	6,0	6,5	7	8
Inversión	4.651.162,91								
	- 7.000.000	2.197.367	6.603.158	11.008.948	13.211.844	15.414.739	17.617.634	19.820.530	24.226.320
	- 8.000.000	1.197.367	5.603.158	10.008.948	12.211.844	14.414.739	16.617.634	18.820.530	23.226.320
	- 10.000.000	802.633	3.603.158	8.008.948	10.211.844	12.414.739	14.617.634	16.820.530	21.226.320
	- 12.000.000	2.802.633	1.603.158	6.008.948	8.211.844	10.414.739	12.617.634	14.820.530	19.226.320
	- 13.357.785	4.160.418	245.372	<b>4.651.163</b>	6.854.058	9.056.954	11.259.849	13.462.744	17.868.535
	- 15.000.000	5.802.633	- 1.396.842	3.008.948	5.211.844	7.414.739	9.617.634	11.820.530	16.226.320
	- 18.000.000	8.802.633	- 4.396.842	8.948	2.211.844	4.414.739	6.617.634	8.820.530	13.226.320
	- 20.000.000	10.802.633	- 6.396.842	- 1.991.052	211.844	2.414.739	4.617.634	6.820.530	11.226.320
	- 22.000.000	12.802.633	- 8.396.842	- 3.991.052	- 1.788.156	414.739	2.617.634	4.820.530	9.226.320

### 10.2 Caso No Conservador

Para este caso se sensibilizaron las siguientes variables:

- Valor del Tiempo
- Inversión
- Valor de una vida
- Proporción del costo de accidentes con proyecto (visto de otra forma, reducción del costo de accidentes gracias al proyecto)
- Número de Muertos en accidentes de tránsito
- Número de Heridos en accidentes de tránsito

De todas ellas, las que más repercuten sobre el valor del VAN y de la TIR del proyecto son nuevamente el valor del tiempo y la inversión. En este caso, ante una caída de la inversión del 40% el VAN se incrementa un 81% y ante un aumento del 20% del valor del tiempo, el VAN se incrementa un 67%. A continuación se presentan los cuadros con todos los resultados:

Cuadro 24: Sensibilidad Valor del Tiempo

Var Valor del Tiempo	Valor del Tiempo	TIR	VAN 11%	Var TIR	Var VAN
-40%	3,0	8%	2.243.496	-56%	-134%
-30%	3,51	11%	153	-41%	-100%
-20%	4,0	14%	2.162.295	-27%	-67%
-10%	4,5	16%	4.365.190	-13%	-34%
<b>0%</b>	<b>5,0</b>	<b>18,5%</b>	<b>6.568.085</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
10%	5,5	21%	8.770.981	13%	34%
20%	6,0	23%	10.973.876	25%	67%
30%	6,5	25%	13.176.771	37%	101%
40%	7,0	27%	15.379.667	48%	134%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 25: Sensibilidad Inversión

Var Inversión	Inversion	TIR	VAN 11%	Var TIR	Var VAN
-40%	8.014.671	31,7%	11.911.199	71%	81%
-30%	9.350.450	27,2%	10.575.421	47%	61%
-20%	10.686.228	23,7%	9.239.642	28%	41%
-10%	12.022.007	20,9%	7.903.864	13%	20%
<b>0%</b>	<b>13.357.785</b>	<b>18,5%</b>	<b>6.568.085</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
10%	14.693.564	16,6%	5.232.307	-11%	-20%
20%	16.029.343	14,9%	3.896.528	-20%	-41%
30%	17.365.121	13,4%	2.560.750	-28%	-61%
40%	18.700.900	12,1%	1.224.971	-35%	-81%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 26: Sensibilidad Valor de una Vida

Var Valor de una vida	Valor de una Vida	TIR	VAN 11%	Var TIR	Var VAN
-40%	42.000	17,7%	5.801.316	-4%	-12%
<b>0%</b>	<b>70.000</b>	<b>18,5%</b>	<b>6.568.085</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
80%	126.000	20,2%	8.101.623	9%	23%
100%	140.000	20,6%	8.485.008	11%	29%
200%	210.000	22,5%	10.401.930	22%	58%
300%	280.000	24,5%	12.318.852	32%	88%
400%	350.000	26,4%	14.235.775	42%	117%
470%	399.000	27,7%	15.577.620	49%	137%
500%	420.000	28,2%	16.152.697	52%	146%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 27: Sensibilidad Proporción del costo de accidentes en situación con proyecto

Var PCcp	PCcp	TIR	VAN 11%	Var TIR	Var VAN
-40%	30%	19,4%	7.334.854	4%	12%
-30%	35%	19,2%	7.143.162	3%	9%
-20%	40%	18,9%	6.951.470	2%	6%
-10%	45%	18,7%	6.759.778	1%	3%
<b>0%</b>	<b>50%</b>	<b>18,5%</b>	<b>6.568.085</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
10%	55%	18,3%	6.376.393	-1%	-3%
20%	60%	18,1%	6.184.701	-2%	-6%
30%	65%	17,9%	5.993.009	-3%	-9%
40%	70%	17,7%	5.801.316	-4%	-12%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 28: Sensibilidad Número de Muertos

Var Número de Muertos	Número de Muertos	TIR	VAN 11%	Var TIR	Var VAN
-40%	1.755	18,0%	6.083.658	-3%	-7%
-30%	2.048	18,1%	6.204.765	-2%	-6%
-20%	2.340	18,3%	6.325.872	-1%	-4%
-10%	2.633	18,4%	6.446.979	-1%	-2%
<b>0%</b>	<b>2.925</b>	<b>18,5%</b>	<b>6.568.085</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
10%	3.218	18,7%	6.689.192	1%	2%
20%	3.510	18,8%	6.810.299	1%	4%
30%	3.803	18,9%	6.931.405	2%	6%
40%	4.095	19,1%	7.052.512	3%	7%

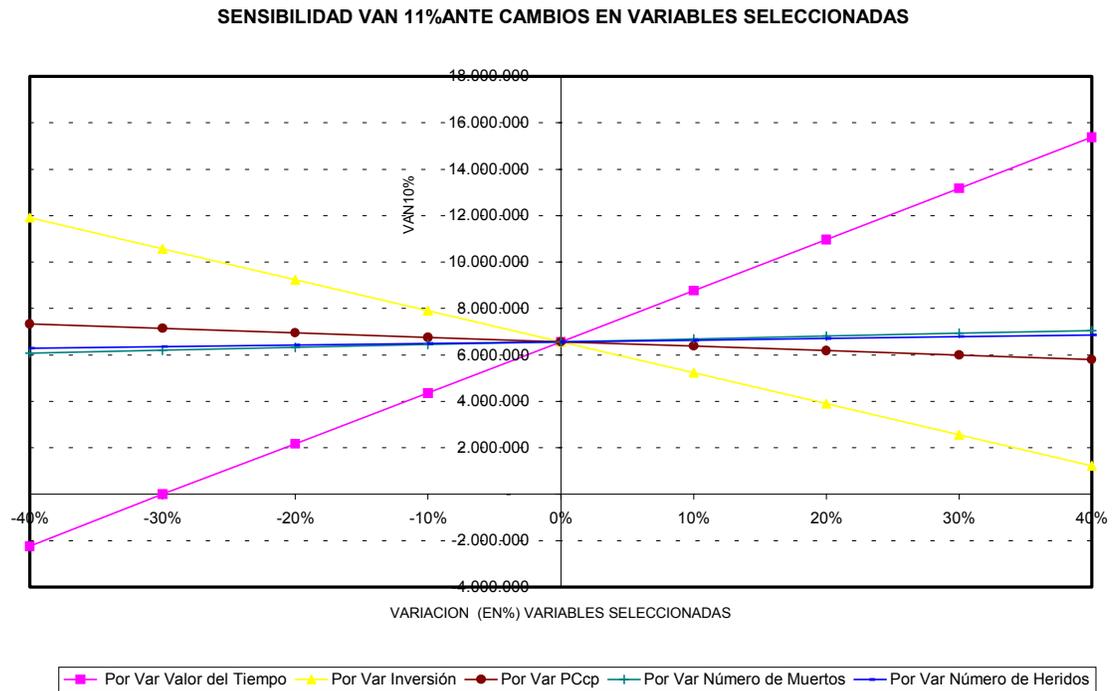
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 29: Sensibilidad Número de Heridos

Var Número de Heridos	Número de Heridos	TIR	VAN 11%	Var TIR	Var VAN
-40%	10.229	18,2%	6.285.743	-2%	-4%
-30%	11.934	18,3%	6.356.329	-1%	-3%
-20%	13.638	18,4%	6.426.914	-1%	-2%
-10%	15.343	18,5%	6.497.500	0%	-1%
<b>0%</b>	<b>17.048</b>	<b>18,5%</b>	<b>6.568.085</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
10%	18.753	18,6%	6.638.671	0%	1%
20%	20.458	18,7%	6.709.256	1%	2%
30%	22.162	18,8%	6.779.842	1%	3%
40%	23.867	18,8%	6.850.427	2%	4%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17



De esta sección se desprende que las variables que más repercuten sobre el valor del proyecto son la inversión y el valor del tiempo.

### 11. Análisis de Riesgo

Si bien el análisis de riesgo en evaluaciones sociales es muy discutido; específicamente Harberger (1997) sostiene que la ganancia de información no compensa el costo ni los supuestos heroicos que deben asumirse; en esta sección solo se pretende ilustrar la solidez del VAN.

Debido a las características del proyecto, podría decirse que éste enfrenta un trade off, por un lado, mayor velocidad implica menor consumo de tiempo, y por ende, un mayor beneficio por reducción del tiempo de viaje; pero, por otro lado; la mayor velocidad implica mayor consumo de combustible y por ende, mayor costo. Por lo tanto, existirá un valor de tiempo que hará que el proyecto deje de ser rentable. Específicamente, para el

Caso Conservador, para un valor del tiempo de \$3,944 por hora, es decir, una caída de dicha variable del 21% aproximadamente, el VAN se anula. En principio, podría decirse que un valor del tiempo de \$3.944 no parece ser un valor “imposible”, es decir, un valor improbable. De hecho, si se hubiera considerado que un trabajador promedio trabaja 8 horas por día todos los días del mes, el valor del tiempo hubiera sido de \$4 y el VAN tendería a anularse. Asimismo, un incremento de la inversión de aproximadamente un 34.8% hace que el proyecto deje de ser rentable. Es decir que una inversión de \$18.008.948, hace que el proyecto tenga un VAN de cero (ver gráfico 16). En el Caso No Conservador, para que el VAN se anule se requiere un caída del valor del tiempo mayor al 21%, más precisamente una caída del 29,8% en el valor del tiempo que implique un valor de \$3,5 la hora. Este valor hace que el VAN sea cero, generando que el proyecto deje de ser rentable. Una caída mayor; obviamente, lo vuelve negativo. (ver gráfico 17)

Para tener una idea más precisa del riesgo de que el proyecto no sea rentable se calcula la probabilidad de que el VAN sea negativo. Para ello, se asignan distribuciones de probabilidad a las variables que más incidencia tienen sobre el valor del proyecto; es decir sobre la inversión y el valor del tiempo. Se supone que ambos tienen una distribución BetaPert.<sup>22</sup> Esta distribución es continua y se aplica para variable que asumen un valor más probable, pero que pueden variar entre un máximo y un mínimo. Esta distribución permite modelar la opinión de expertos. Específicamente, se supone que la distribución del valor del tiempo por hora es:

$$\text{Valor del Tiempo} \approx \text{Beta Pert } (1,5; 5;8,5)$$

Y la de la inversión es:

$$\text{Inversión} \approx \text{BetaPert } (-19000000; -13357785; -7715570)$$

Además se asume que la tasa de crecimiento de la TMDA tiene una distribución triangular con un valor máximo de 4%, uno más probable de del 3% y uno mínimo del 2%.

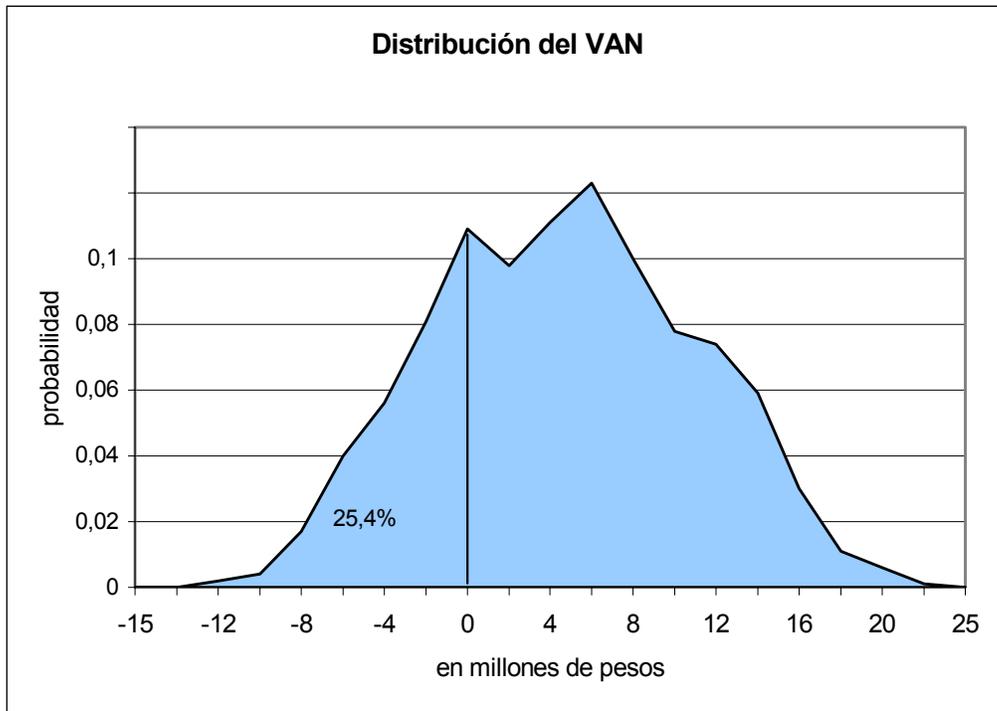
$$\text{Tasa de crecimiento} \approx \text{Triangular } (0,02; 0,03; 0,04)$$

---

<sup>22</sup> La distribución BetaPert es una versión de la distribución Beta que usa los mismos supuestos acaezca de la media de una variable aleatoria que las redes Pert.

Bajo esta distribución del riesgo se obtiene que la distribución del VAN tiene una media de 4,6 millones de pesos, un valor máximo de \$21 millones y un valor mínimo de -\$12 millones. Además, se encuentra que el riesgo de que el proyecto no sea rentable es de un 25,4%.

Gráfico 18



Fuente: Elaboración propia

## *12. Conclusión*

Esta tesis analiza el problema de la congestión vehicular en una ruta de acceso a la ciudad de La Plata, concretamente en un tramo de 6.64 Km. de la ruta provincial N°13 entre la avenida 520 y la ruta provincial N° 36 y estudia la rentabilidad económica de una posible solución: el ensanche de calzada.

En primer lugar, se analizó el grado de congestión y el nivel de servicio de la ruta en su estado actual. Se obtuvo que la ruta presenta problemas de falta de capacidad. Dicho de otra forma, en las condiciones actuales de circulación, el tránsito que opera presenta problemas de congestión. El problema de la congestión se ve agravado por el no cumplimiento de las normas de diseño estándares. Todo esto conduce además a incrementar la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

En segundo lugar, se estudió la viabilidad económica de la solución propuesta por los funcionarios de la Dirección Provincial de Vialidad, quienes plantean la construcción de nuevas pistas y su correcta demarcación y señalización.

Suponiendo que los beneficios del proyecto son los que se obtienen por la disminución del tiempo de viaje (ya que aumenta la velocidad de circulación) y por el ahorro en consumo de combustible (que en realidad es un desahorro ya que al aumentar la velocidad de circulación aumenta el consumo de combustible), se obtuvo que el proyecto es económicamente rentable; es decir presenta un VAN positivo. Además, se encontró que la ejecución del mismo no debe posponerse.

Del análisis de sensibilidad, se halló que las variables que más repercuten sobre la rentabilidad del proyecto son el valor del tiempo de viaje y la inversión. Debido a que el proyecto presenta un trade off, ya que más velocidad implica menor tiempo de viaje pero más consumo de combustible, es posible encontrar, bajo ciertas condiciones un VAN negativo. Más precisamente, para un valor de tiempo de \$3,94 por hora o para una inversión más de \$18 millones el proyecto se vuelve no rentable. Al introducir distribuciones de probabilidad en la variables más sensible, se obtuvo que el riesgo de que el VAN del proyecto se anule es de un 25,4%.

En último lugar, se ensayó un modelo en el cual se incluye como beneficio, además de los ya mencionados, el proveniente de la disminución de accidentes. Del mismo surge que dichos beneficios son significativos, aunque en una futura investigación debería trabajarse con información específica del tramo, para poder cuantificarlos con mayor precisión.

## ***Bibliografía***

- CEPAL: “Boletín FAL 206”, 2003
- Fontaine E.: “Evaluación social de proyectos”, 12ª Edición, 2000.
- Gibson J. “Síntesis del Método de Periodización”, 1981.
- Harberger, A.: “Economic project Evaluation, Part 1: Some lessons for the 1990s”, The Canadian Journal of Program Evaluation”, 1997.
- Lopez Murphy, P.: “The economic opportunity cost of capital: An estimation for Argentina” Capítulo 2 de la Tesis Doctoral, 2003.
- Lopez Murphy, P.: “Investment in highways in Argentina” Capítulo 1 de la Tesis Doctoral, 2003.
- Manual de Capacidad de Carreteras, 1985
- Ministerio de Economía: “Plan Plurianual de Inversión”, 2004.
- MIDEPLAN: “Inversión, Eficiencia y Equidad”, 1992.
- Ortúzar J. y L. Willumsen: “Modelling Transport”, 1994.
- Thomson I. y Bull A.: “La congestión de tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales”, 2002.
- Vose, D.: “Risk Análisis: a quantitative guide”, 2000.

## Anexo de Tablas

**Tabla 1: Costos del tiempo de viaje**

Sin Proyecto

Costo del tiempo de viaje (\$/persona)				
Auto	Omnibus	Camión liviano	Camión pesado	Promedio
0,553	0,830	0,830	0,830	0,581

Con Proyecto

Costo del tiempo de viaje (\$/persona)				
Auto	Omnibus	Camión liviano	Camión pesado	Promedio
0,415	0,553	0,553	0,553	0,429

Reducción de costos				
Auto	Omnibus	Camión liviano	Camión pesado	Promedio
0,138	0,277	0,277	0,277	0,152

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2: Cálculo de usuarios y ahorro total por reducción del tiempo de viaje**

Años	TMDA	Volumen anual de Tráfico sin y con proyecto	Usuarios Automoviles	Usuarios Omnibus	Usuarios Camión liviano	Usuarios Camión pesado	Ahorro total
1	11.227	4.097.855	7.376.139	5.532.104	204.893	20.489	2.613.247
2	11.564	4.220.791	7.597.423	5.698.067	211.040	21.104	2.691.644
3	11.911	4.347.414	7.825.346	5.869.009	217.371	21.737	2.772.394
4	12.268	4.477.837	8.060.106	6.045.080	223.892	22.389	2.855.565
5	12.636	4.612.172	8.301.909	6.226.432	230.609	23.061	2.941.232
6	13.015	4.750.537	8.550.967	6.413.225	237.527	23.753	3.029.469
7	13.406	4.893.053	8.807.496	6.605.622	244.653	24.465	3.120.353
8	13.808	5.039.845	9.071.721	6.803.790	251.992	25.199	3.213.964
9	14.222	5.191.040	9.343.872	7.007.904	259.552	25.955	3.310.383
10	14.649	5.346.771	9.624.188	7.218.141	267.339	26.734	3.409.694
11	15.088	5.507.174	9.912.914	7.434.686	275.359	27.536	3.511.985
12	15.541	5.672.390	10.210.301	7.657.726	283.619	28.362	3.617.345
13	16.007	5.842.561	10.516.610	7.887.458	292.128	29.213	3.725.865
14	16.487	6.017.838	10.832.109	8.124.082	300.892	30.089	3.837.641
15	16.982	6.198.373	11.157.072	8.367.804	309.919	30.992	3.952.770

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3: Cálculo de litros consumidos y costo del combustible consumido por tipo de vehículo**

Sin Proyecto

Litros de combustible consumidos por un automóvil al recorrer el tramo a la velocidad especificada	Litros de combustible consumidos por omnibus/camión liviano /camión pesado al recorrer el tramo a la velocidad especificada	Costo del combustible consumido por un automóvil (\$)	Costo del combustible consumido por un omnibus/camión liviano /camión pesado
0,71	2,66	0,51	1,91

Con Proyecto

Litros de combustible consumidos por un automóvil al recorrer el tramo a la velocidad especificada	Litros de combustible consumidos por omnibus/camión liviano /camión pesado al recorrer el tramo a la velocidad especificada	Costo del combustible consumido por un automóvil	Costo del combustible consumido por un omnibus/camión liviano /camión pesado
0,81	3,32	0,58	2,38

Reducción (aumento) de costos

Automóviles	Omnibus/camión liviano /camión pesado
-0,07	-0,48

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4: Cálculo de litros consumidos y del ahorro (desahorro) por consumo de combustible**

Años	TMDA	Volumen anual de Tráfico con y sin proyecto	Sin proyecto				Con proyecto			
			Litros consumidos por los autos	Litros consumidos por los omnibus	Litros consumidos por los camiones livianos	Litros consumidos por los camiones	Litros consumidos por los autos	Litros consumidos por los omnibus	Litros consumidos por los camiones livianos	Litros consumidos por los camiones
1	11.227	4.097.855	2.633.179	489.771,20	544.190	54.419	2.986.410	612.214	680.238	68.024
2	11.564	4.220.791	2.712.174	504.464,34	560.516	56.052	3.076.002	630.580	700.645	70.064
3	11.911	4.347.414	2.793.539	519.598,27	577.331	57.733	3.168.282	649.498	721.664	72.166
4	12.268	4.477.837	2.877.345	535.186,22	594.651	59.465	3.263.331	668.983	743.314	74.331
5	12.636	4.612.172	2.963.666	551.241,80	612.491	61.249	3.361.231	689.052	765.614	76.561
6	13.015	4.750.537	3.052.576	567.779,06	630.866	63.087	3.462.067	709.724	788.582	78.858
7	13.406	4.893.053	3.144.153	584.812,43	649.792	64.979	3.565.929	731.016	812.239	81.224
8	13.808	5.039.845	3.238.477	602.356,80	669.285	66.929	3.672.907	752.946	836.607	83.661
9	14.222	5.191.040	3.335.632	620.427,51	689.364	68.936	3.783.095	775.534	861.705	86.170
10	14.649	5.346.771	3.435.701	639.040,33	710.045	71.004	3.896.587	798.800	887.556	88.756
11	15.088	5.507.174	3.538.772	658.211,54	731.346	73.135	4.013.485	822.764	914.183	91.418
12	15.541	5.672.390	3.644.935	677.957,89	753.287	75.329	4.133.890	847.447	941.608	94.161
13	16.007	5.842.561	3.754.283	698.296,63	775.885	77.589	4.257.906	872.871	969.856	96.986
14	16.487	6.017.838	3.866.911	719.245,52	799.162	79.916	4.385.643	899.057	998.952	99.895
15	16.982	6.198.373	3.982.919	740.822,89	823.137	82.314	4.517.213	926.029	1.028.921	102.892

**Tabla 4: Continuación**

tros ahorrados (gastados de más)				Ahorro (Desahorro) (\$)				
Auto	Omnibus	Camiones livianos	Camiones pesados	Auto	Omnibus	Camiones livianos	Camiones pesados	TOTAL
- 353.231	- 122.443	- 136.048	- 13.605	- 253.479	- 87.865	- 97.628	- 9.763	- 448.734
- 363.828	- 126.116	- 140.129	- 14.013	- 261.083	- 90.501	- 100.557	- 10.056	- 462.196
- 374.743	- 129.900	- 144.333	- 14.433	- 268.916	- 93.216	- 103.573	- 10.357	- 476.062
- 385.985	- 133.797	- 148.663	- 14.866	- 276.983	- 96.012	- 106.680	- 10.668	- 490.344
- 397.565	- 137.810	- 153.123	- 15.312	- 285.293	- 98.893	- 109.881	- 10.988	- 505.054
- 409.492	- 141.945	- 157.716	- 15.772	- 293.851	- 101.860	- 113.177	- 11.318	- 520.206
- 421.777	- 146.203	- 162.448	- 16.245	- 302.667	- 104.915	- 116.573	- 11.657	- 535.812
- 434.430	- 150.589	- 167.321	- 16.732	- 311.747	- 108.063	- 120.070	- 12.007	- 551.886
- 447.463	- 155.107	- 172.341	- 17.234	- 321.099	- 111.305	- 123.672	- 12.367	- 568.443
- 460.887	- 159.760	- 177.511	- 17.751	- 330.732	- 114.644	- 127.382	- 12.738	- 585.496
- 474.713	- 164.553	- 182.837	- 18.284	- 340.654	- 118.083	- 131.204	- 13.120	- 603.061
- 488.955	- 169.489	- 188.322	- 18.832	- 350.874	- 121.626	- 135.140	- 13.514	- 621.153
- 503.623	- 174.574	- 193.971	- 19.397	- 361.400	- 125.274	- 139.194	- 13.919	- 639.788
- 518.732	- 179.811	- 199.790	- 19.979	- 372.242	- 129.033	- 143.370	- 14.337	- 658.981
- 534.294	- 185.206	- 205.784	- 20.578	- 383.409	- 132.904	- 147.671	- 14.767	- 678.751

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5: Cálculo de los beneficios netos totales - Caso Conservador**

Años	Beneficio por ahorro en costo del tiempo de viaje	Beneficio por ahorro en consumo de combustible	Beneficio brutos totales	Costo de mantenimiento	Beneficio netos totales	Inversión Inicial
0						- 13.357.785,47
1	2.613.247	- 448.734	2.164.513	-33000	2.131.513	
2	2.691.644	- 462.196	2.229.448	-33000	2.196.448	
3	2.772.394	- 476.062	2.296.331	-33000	2.263.331	
4	2.855.565	- 490.344	2.365.221	-33000	2.332.221	
5	2.941.232	- 505.054	2.436.178	-33000	2.403.178	
6	3.029.469	- 520.206	2.509.263	-33000	2.476.263	
7	3.120.353	- 535.812	2.584.541	-33000	2.551.541	
8	3.213.964	- 551.886	2.662.077	-33000	2.629.077	
9	3.310.383	- 568.443	2.741.940	-33000	2.708.940	
10	3.409.694	- 585.496	2.824.198	-33000	2.791.198	
11	3.511.985	- 603.061	2.908.924	-33000	2.875.924	
12	3.617.345	- 621.153	2.996.192	-33000	2.963.192	
13	3.725.865	- 639.788	3.086.077	-33000	3.053.077	
14	3.837.641	- 658.981	3.178.660	-33000	3.145.660	
15	3.952.770	- 678.751	3.274.020	-33000	3.241.020	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6: Costo de un accidente fatal**

Costo de un accidente fatal		Reducción de costos
sin proyecto	con proyecto	
0,022	0,011	0,011

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7: Cálculo del Beneficios por reducción de accidentes fatales (muertes)**

Años	TMDA	Volumen anual de Tráfico sin y con proyecto	Usuarios				Beneficio- Ahorro				Total
			Automoviles	Omnibus	Camiones livianos	Camiones pesados	Automoviles	Omnibus	Camiones livianos	Camiones pesados	
1	11.227	4.097.855	7.376.139	5.532.104	204.893	20.489	80.686	60.515	2.241	224	143.666
2	11.564	4.220.791	7.597.423	5.698.067	211.040	21.104	83.107	62.330	2.309	231	147.976
3	11.911	4.347.414	7.825.346	5.869.009	217.371	21.737	85.600	64.200	2.378	238	152.416
4	12.268	4.477.837	8.060.106	6.045.080	223.892	22.389	88.168	66.126	2.449	245	156.988
5	12.636	4.612.172	8.301.909	6.226.432	230.609	23.061	90.813	68.110	2.523	252	161.698
6	13.015	4.750.537	8.550.967	6.413.225	237.527	23.753	93.537	70.153	2.598	260	166.549
7	13.406	4.893.053	8.807.496	6.605.622	244.653	24.465	96.344	72.258	2.676	268	171.545
8	13.808	5.039.845	9.071.721	6.803.790	251.992	25.199	99.234	74.425	2.756	276	176.691
9	14.222	5.191.040	9.343.872	7.007.904	259.552	25.955	102.211	76.658	2.839	284	181.992
10	14.649	5.346.771	9.624.188	7.218.141	267.339	26.734	105.277	78.958	2.924	292	187.452
11	15.088	5.507.174	9.912.914	7.434.686	275.359	27.536	108.435	81.327	3.012	301	193.075
12	15.541	5.672.390	10.210.301	7.657.726	283.619	28.362	111.689	83.766	3.102	310	198.868
13	16.007	5.842.561	10.516.610	7.887.458	292.128	29.213	115.039	86.279	3.196	320	204.834
14	16.487	6.017.838	10.832.109	8.124.082	300.892	30.089	118.490	88.868	3.291	329	210.979
15	16.982	6.198.373	11.157.072	8.367.804	309.919	30.992	122.045	91.534	3.390	339	217.308

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8: Costo de un herido**

Costo de un herido		Reducción de costos
sin proyecto	con proyecto	
0,013	0,006	0,006

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9: Cálculo de Beneficios por reducción del número de heridos en accidentes**

Años	TMDA	Volumen anual de Tráfico sin y con proyecto	Usuarios				Beneficio- Ahorro				Total
			Automoviles	Omnibus	Camiones livianos	Camiones pesados	Automoviles	Omnibus	Camiones livianos	Camiones pesados	
1	11.227	4.097.855	7.376.139	5.532.104	204.893	20.489	47.027	35.270	1.306	131	83.734
2	11.564	4.220.791	7.597.423	5.698.067	211.040	21.104	48.438	36.328	1.345	135	86.246
3	11.911	4.347.414	7.825.346	5.869.009	217.371	21.737	49.891	37.418	1.386	139	88.833
4	12.268	4.477.837	8.060.106	6.045.080	223.892	22.389	51.388	38.541	1.427	143	91.499
5	12.636	4.612.172	8.301.909	6.226.432	230.609	23.061	52.929	39.697	1.470	147	94.243
6	13.015	4.750.537	8.550.967	6.413.225	237.527	23.753	54.517	40.888	1.514	151	97.071
7	13.406	4.893.053	8.807.496	6.605.622	244.653	24.465	56.153	42.114	1.560	156	99.983
8	13.808	5.039.845	9.071.721	6.803.790	251.992	25.199	57.837	43.378	1.607	161	102.982
9	14.222	5.191.040	9.343.872	7.007.904	259.552	25.955	59.572	44.679	1.655	165	106.072
10	14.649	5.346.771	9.624.188	7.218.141	267.339	26.734	61.359	46.020	1.704	170	109.254
11	15.088	5.507.174	9.912.914	7.434.686	275.359	27.536	63.200	47.400	1.756	176	112.532
12	15.541	5.672.390	10.210.301	7.657.726	283.619	28.362	65.096	48.822	1.808	181	115.908
13	16.007	5.842.561	10.516.610	7.887.458	292.128	29.213	67.049	50.287	1.862	186	119.385
14	16.487	6.017.838	10.832.109	8.124.082	300.892	30.089	69.061	51.795	1.918	192	122.966
15	16.982	6.198.373	11.157.072	8.367.804	309.919	30.992	71.132	53.349	1.976	198	126.655

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 1: Caso con generación de tránsito

Debido a que la reducción en los costos de viajes, producto de la mejora en las condiciones de circulación que implica la realización del proyecto, puede generar un incremento del tránsito, es posible suponer que el proyecto genera tránsito. Ahora la cantidad de vehículos y usuarios que utilizan la ruta en la situación con proyecto es superior a la de la situación sin proyecto. En Nolland (1999) se encuentra que la elasticidad de los kilómetros recorridos en relación a los carriles varía entre 0.4 y 0.7. Siguiendo a Lopez Murphy (2003) se toma una elasticidad de 0.5, con lo cual  $TMDA_{cp}=1.5 \times TMDA_{sp}$ .

Los beneficios en este caso, en donde el número de usuarios de la situación con proyecto es mayor a la de la situación sin proyecto, son los siguientes:

Tabla 1.1: Beneficios netos totales

Años	Beneficio por ahorro en costo del tiempo de viaje	Beneficio por ahorro en consumo de combustible	Beneficio por ahorro en costo de accidentes	Beneficio brutos totales	Costo de mantenimiento	Beneficio netos totales
0						
1	3.266.559	- 2.008.397	284.250	1.542.412	-33000	1.509.412
2	3.364.555	- 2.068.649	292.778	1.588.685	-33000	1.555.685
3	3.465.492	- 2.130.708	301.561	1.636.345	-33000	1.603.345
4	3.569.457	- 2.194.629	310.608	1.685.436	-33000	1.652.436
5	3.676.540	- 2.260.468	319.926	1.735.999	-33000	1.702.999
6	3.786.837	- 2.328.282	329.524	1.788.079	-33000	1.755.079
7	3.900.442	- 2.398.131	339.410	1.841.721	-33000	1.808.721
8	4.017.455	- 2.470.075	349.592	1.896.973	-33000	1.863.973
9	4.137.979	- 2.544.177	360.080	1.953.882	-33000	1.920.882
10	4.262.118	- 2.620.502	370.882	2.012.498	-33000	1.979.498
11	4.389.982	- 2.699.117	382.009	2.072.873	-33000	2.039.873
12	4.521.681	- 2.780.091	393.469	2.135.059	-33000	2.102.059
13	4.657.331	- 2.863.493	405.273	2.199.111	-33000	2.166.111
14	4.797.051	- 2.949.398	417.431	2.265.084	-33000	2.232.084
15	4.940.963	- 3.037.880	429.954	2.333.037	-33000	2.300.037

Fuente: Elaboración propia

Los beneficios netos son la suma de los beneficios por reducción del valor del tiempo de viaje, por reducción en el consumo de combustible y por disminución de accidentes. Para calcularlos se procede de forma similar a la antes vista, solo que en este caso la cantidad de usuarios variara según en la situación que se trate. A continuación se expone el cálculo del número de usuarios según situación.

**Tabla 1.2: Cálculo del número de usuarios**

Años	TMDA	Sin proyecto					Con proyecto				
		Volumen anual de Tráfico	Usuarios Automoviles	Usuarios Omnibus	Usuarios Camión liviano	Usuarios Camión pesado	Volumen anual de Tráfico	Usuarios Automoviles	Usuarios Omnibus	Usuarios Camión liviano	Usuarios Camión pesado
0	10.900	3.978.500	7.161.300	5.370.975	198.925	19.893	5.967.750	10.741.950	8.056.463	298.388	29.839
1	11.227	4.097.855	7.376.139	5.532.104	204.893	20.489	6.146.783	11.064.209	8.298.156	307.339	30.734
2	11.564	4.220.791	7.597.423	5.698.067	211.040	21.104	6.331.186	11.396.135	8.547.101	316.559	31.656
3	11.911	4.347.414	7.825.346	5.869.009	217.371	21.737	6.521.122	11.738.019	8.803.514	326.056	32.606
4	12.268	4.477.837	8.060.106	6.045.080	223.892	22.389	6.716.755	12.090.159	9.067.620	335.838	33.584
5	12.636	4.612.172	8.301.909	6.226.432	230.609	23.061	6.918.258	12.452.864	9.339.648	345.913	34.591
6	13.015	4.750.537	8.550.967	6.413.225	237.527	23.753	7.125.806	12.826.450	9.619.838	356.290	35.629
7	13.406	4.893.053	8.807.496	6.605.622	244.653	24.465	7.339.580	13.211.244	9.908.433	366.979	36.698
8	13.808	5.039.845	9.071.721	6.803.790	251.992	25.199	7.559.767	13.607.581	10.205.686	377.988	37.799
9	14.222	5.191.040	9.343.872	7.007.904	259.552	25.955	7.786.560	14.015.808	10.511.856	389.328	38.933
10	14.649	5.346.771	9.624.188	7.218.141	267.339	26.734	8.020.157	14.436.283	10.827.212	401.008	40.101
11	15.088	5.507.174	9.912.914	7.434.686	275.359	27.536	8.260.762	14.869.371	11.152.028	413.038	41.304
12	15.541	5.672.390	10.210.301	7.657.726	283.619	28.362	8.508.585	15.315.452	11.486.589	425.429	42.543
13	16.007	5.842.561	10.516.610	7.887.458	292.128	29.213	8.763.842	15.774.916	11.831.187	438.192	43.819
14	16.487	6.017.838	10.832.109	8.124.082	300.892	30.089	9.026.757	16.248.163	12.186.122	451.338	45.134
15	16.982	6.198.373	11.157.072	8.367.804	309.919	30.992	9.297.560	16.735.608	12.551.706	464.878	46.488

Fuente: Elaboración propia

Al considerar que el proyecto genera tránsito la rentabilidad del proyecto se ve alterada. En este contexto, el mismo se vuelve no rentable.

Tabla 1.3: VAN

Tasa social de descuento	VAN
5%	5.625.420
8%	2.057.304
11%	- 592.972
12%	- 1.322.677
15%	- 3.158.304

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.4: TIR y TRI

TIR	TRI
10,3%	11,3%

Fuente: Elaboración propia

Para ver cuán estable es la rentabilidad del proyecto respecto de la elasticidad, se realiza un estudio de sensibilidad donde se supone que ésta asume los dos valores extremos encontrados en Nolland (1999).

Tabla 1.4: Sensibilidad Elasticidad

Var Elasticidad	Elasticidad	TIR	VAN 11%	Var TIR	Var VAN
		10%	- 592.972		
-20%	0,40	12%	839.239	17%	-242%
-10%	0,45	11%	123.134	9%	-121%
0%	<b>0,50</b>	10,3%	- 592.972	0%	0%
40%	0,70	6%	- 3.457.395	-38%	483%

Fuente: Elaboración propia

Una menor elasticidad aumenta la rentabilidad del proyecto, para una elasticidad de 0.4 el proyecto se vuelve rentable. Mas precisamente, para una elasticidad de 0.458 el proyecto alcanza un VAN de cero.

## Anexo 2: Cálculo del costo por demora

Teniendo esta información se han calculados los costos de demora en \$539.487. Estos surgen de comparar la situación con demora con la situación actual (sin proyecto). En ellos se incluye no solo el incremento de costo por mayor tiempo de viaje sino también el mayor costo debido al incremento en el consumo de combustible. Para calcular la situación con demora se asume que en 0.1 km la velocidad de circulación es de 10 Km. y que en el resto del tramo las velocidades son las de la situación sin proyecto. Para calcular los costos por demora se procede de forma similar a expuesta en la sección 7.1, pero se toma la TMDA correspondiente al momento cero o sea al de la inversión<sup>23</sup>.

Los beneficios netos correspondientes al caso conservador se presentan a continuación

Tabla 2.1: Beneficios Netos totales incluyendo costos por demora - Caso Conservador

Años	Beneficio netos totales
0	- 13.897.272
1	2.131.513
2	2.196.448
3	2.263.331
4	2.332.221
5	2.403.178
6	2.476.263
7	2.551.541
8	2.629.077
9	2.708.940
10	2.791.198
11	2.875.924
12	2.963.192
13	3.053.077
14	3.145.660
15	3.241.020

Fuente: Elaboración propia

Aún considerando los costos por demora se observa que el ensanche de la ruta provincial N° 13 es rentable.

---

<sup>23</sup> Es decir se toma una TMDA de 10900 vehículos, ver cuadro 5.

Tabla 2.2: VAN incluyendo costo por demoras

Tasa social de descuento	VAN Caso Conservador
5%	12.880.572
8%	7.849.103
<b>11%</b>	<b>4.111.676</b>
12%	3.082.602
15%	493.789

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.3: TIR y TRI, incluyendo costos por demoras

Caso Conservador	
TIR	TRI
16%	15%

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 3: Cálculo del valor del tiempo

Para calcular el valor del tiempo de los usuarios se tomaron datos de distintas fuentes. A continuación se puntualizan las fuentes y forma de cálculo del ingreso mensual, variable a partir de la cual se obtiene el valor del tiempo por hora.

#### *Partiendo del PBI*

A partir del dato de PBI del 2004, se calculó el PBI per cápita anual, dividiendo al primero por la población del país. Luego, se calculó el PBI per cápita mensual dividiendo al anual por los meses del año.

Tabla 3.1: Cálculo del ingreso mensual partiendo del PBI

	en pesos
PBI 04	447.307.247.473
PBI per cápita anual	11.702
PBI Per cápita mensual	975

Fuente: Elaboración propia en base a MECON, Secretaria de Política Económica

#### *Partiendo del PBG de Buenos Aires*

A partir del dato de PBG de la provincia de Buenos Aires del 2004, se calculó el PBG per cápita anual, dividiendo al primero por la población de la provincia. Luego, se calculó el PBG per cápita mensual dividiendo al anual por los meses del año.

Tabla 3.2: Cálculo del ingreso mensual partiendo del PBG

	en pesos
PBG 04	144.104.000.000
PBG per cápita anual	10.130
PBG per cápita mensual	844

Fuente: Elaboración propia en base a Dirección Provincial de Estadística. Dato Provisorio.

### *Partiendo de ingreso medio*

A partir del dato de ingreso medio mensual de la EPH para las distintas categorías ocupacionales, se calculó el ingreso mensual como un promedio simple.

Tabla 3.3: Cálculo del ingreso mensual partiendo del ingreso medio

Categorías	en pesos
Ocupados	646
Patrones	1.493
Cuenta propias	540
Asalariados	630
Servicio doméstico	247
PROMEDIO INGRESO MEDIO MENSUAL	711

Fuente: Elaboración propia en base a EPH

### *Partiendo de la remuneración declarada*

A partir del dato de remuneración mensual declarada al Sistema Integrado de Jubilaciones y Pensiones (SIJP) para los partidos del Gran Buenos Aires y el resto de la provincia para el 2004, se calculó el ingreso medio como un promedio simple.

Tabla 3.4: Cálculo del ingreso mensual partiendo de la remuneración declarada

	en pesos
Partidos del Gran Buenos Aires	1.234
Resto de Pcia. de Buenos Aires	1.129
Promedio remuneracion mensual	1.181

Fuente: Elaboración propia en base a Dirección Nacional de Programación Macroeconómica, sobre la base de información del Sistema Integrado de Jubilaciones y Pensiones.

Finalmente, una vez calculado el ingreso mensual, se calculó el valor del tiempo por hora, asumiendo distintas condiciones de trabajo. Para calcular el beneficio del proyecto se asumió que un trabajador promedio trabaja 8 horas, 6 días por semana. Por ello, se tomó un valor de \$5 pesos la hora, los valores hallados en las otras condiciones se utilizó en el análisis de sensibilidad.

Tabla 3.5: Cálculo del valor del tiempo por hora

	horas trabajadas por mes	partiendo de				Promedio
		PBI pc mensual	PBG pc mensual	ingreso medio mensual	remuneración declarada mensual	
8 hs x día, todos los días del mes	240	4	4	3	5	4
8 horas x día, 5 días hábiles x semana	160	6	5	4	7	6
8 horas por día, 6 días hábiles x semana	192	5	4	4	6	5
8 horas x día, 22 días por mes	176	6	5	4	7	5

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 4: Cuadros

### Cuadro 1: Longitud de la Red de Caminos de Argentina – En Km.

PROVINCIAS	JURISDICCION NACIONAL				JURISDICCION PROVINCIAL				TOTALES POR PROVINCIA
	Pavimento	Mejorada	Tierra	Subtotal	Pavimento	Mejorada	Tierra	Subtotal	
BUENOS AIRES	4.690	0	0	4.690	10.830	14.142	11.610	36.582	41.272
CATAMARCA	731	160	0	891	1.040	1.791	1.958	4.789	5.680
CORDOBA	2.526	0	0	2.526	4.211	2.396	12.640	19.247	21.773
CORRIENTES	1.761	0	0	1.761	728	667	3.815	5.210	6.971
CHACO	782	0	330	1.112	814	231	4.940	5.985	7.097
CHUBUT	1.471	804	0	2.275	745	5.572	2.176	8.493	10.768
ENTRE RIOS	1.460	0	0	1.460	1.610	1.871	7.970	11.451	12.911
FORMOSA	721	0	589	1.310	195	187	2.415	2.797	4.107
JUJUY	467	287	0	754	449	134	3.076	3.659	4.413
LA PAMPA	1.359	40	190	1.589	2.229	342	5.358	7.929	9.518
LA RIOJA	1.351	286	128	1.765	1.057	469	-	1.526	3.291
MENDZA	1.569	158	0	1.727	2.531	3.832	5.052	11.415	13.142
MISIONES	640	0	199	839	1.086	1.160	799	3.045	3.884
NEUQUEN	1.374	194	0	1.568	590	754	3.065	4.409	5.977
RIO NEGRO	1.573	809	0	2.382	636	2.139	3.581	6.356	8.738
SALTA	1.156	420	313	1.889	650	2.297	3.690	6.637	8.526
SAN JUAN	733	94	0	827	1.495	2.261	1.470	5.226	6.053
SAN LUIS	1.294	0	0	1.294	1.099	835	3.801	5.735	7.029
SANTA CRUZ	1.036	1.312	44	2.392	574	760	5.380	6.714	9.106
SANTA FE	2.385	0	94	2.479	3.323	379	9.690	13.392	15.871
SANTIAGO DEL ESTERO	1.329	76	59	1.464	1.816	1.600	15.000	18.416	19.880
TIERRA DEL FUEGO	221	687	0	908	-	-	664	664	1.572
TUCUMAN	452	55	0	507	1.089	967	80	2.136	2.643
<b>TOTAL ARGENTINA</b>	<b>31.081</b>	<b>5.382</b>	<b>1.946</b>	<b>38.409</b>	<b>38.797</b>	<b>44.786</b>	<b>108.230</b>	<b>191.813</b>	<b>230.222</b>

Fuente: DNV

**Cuadro 2: Evolución de la Red Nacional de Caminos - En km.**

Año	Pavimento	Ripio	Tierra	Total
1935	2.936	11.025	18.908	32.869
1940	4.566	8.321	27.627	40.514
1945	6.231	6.127	49.025	61.383
1950	7.322	7.400	45.921	60.643
1955	8.813	7.970	43.402	60.185
1960	9.699	14.264	33.093	57.056
1965	15.212	8.735	21.980	45.927
1970	20.778	8.773	16.622	46.173
1973	22.659	11.128	8.876	42.663
1974	23.332	11.297	8.259	42.888
1975	24.005	11.466	7.732	43.203
1976	24.678	11.635	7.205	43.518
1977	25.351	11.804	6.678	43.833
1978	26.025	11.974	6.150	44.149
1979	25.504	10.580	4.944	41.028
1980	24.985	9.186	3.738	37.909
1981	24.463	7.792	2.532	34.787
1982	25.243	7.611	2.402	35.256
1983	26.024	7.429	2.271	35.724
1984	26.783	7.571	2.298	36.652
1985	26.923	7.516	2.298	36.737
1986	27.276	7.153	2.276	36.705
1987	27.629	6.790	2.254	36.673
1988	27.980	6.427	2.233	36.640
1989	27.989	6.427	2.233	36.649
1990	28.017	6.427	2.233	36.677
1991	28.041	6.427	2.233	36.701
1992	28.107	6.497	2.233	36.837
1993	28.327	6.277	2.233	36.837
1994	28.294	6.418	2.233	36.945
1995	28.294	6.418	2.233	36.945
1996	28.294	6.418	2.233	36.945
1997	30.912	5.893	1.939	38.744
1998	30.078	5.382	1.911	37.371
1999	31.081	5.382	1.945	38.408
2000	31.081	5.382	1.945	38.408
2001	31.153	5.281	2.050	38.484

Fuente: DNV

**Cuadro 3: Evolución de la Inversión vial - En Millones de Pesos de 1993**

Años	Red Nacional				Red Provincial			Total General
	DNV	Concesionarios	Accesos	Total	Fondo Vial	Aportes Pciales.	Total	
1982	728,34	-	-	728,34	445,26	592,20	1.037,46	1.765,80
1983	711,49	-	-	711,49	647,02	566,89	1.213,91	1.925,40
1984	940,04	-	-	940,04	740,01	232,36	972,37	1.912,41
1985	853,13	-	-	853,13	1.057,03	270,58	1.327,61	2.180,74
1986	841,31	-	-	841,31	1.088,03	358,98	1.447,01	2.288,32
1987	963,46	-	-	963,46	949,60	650,23	1.599,83	2.563,29
1988	1.106,20	-	-	1.106,20	1.007,53	254,60	1.262,13	2.368,33
1989	796,65	-	-	796,65	362,35	449,75	812,10	1.608,75
1990	403,03	-	-	403,03	277,65	261,91	539,56	942,59
1991	338,10	237,25	-	575,35	246,99	271,40	518,39	1.093,74
1992	442,22	229,43	-	671,65	446,44	128,64	575,08	1.246,73
1993	587,78	275,99	-	863,77	485,32	258,70	744,02	1.607,79
1994	756,25	345,72	142,86	1.244,83	531,76	377,68	909,44	2.154,27
1995	730,57	325,44	501,39	1.557,40	430,74	468,91	899,65	2.457,05
1996	571,57	319,28	454,60	1.345,45	589,62	112,22	701,84	2.047,29
1997	872,33	359,00	563,41	1.794,74	588,53	150,58	739,11	2.533,85
1998	824,83	517,93	582,76	1.925,52	551,21	153,10	704,31	2.629,83
1999	713,93	542,40	492,17	1.748,50	523,15	275,67	798,82	2.547,32
2000	450,19	382,84	152,09	985,12	498,83	218,80	717,63	1.702,75
2001	415,16	381,83	183,13	980,12	465,85	289,38	755,23	1.735,35
2002	268,85	251,04	119,54	639,43	259,32	518,10	777,42	1.416,85
2003 *	482,70	100,00	100,00	682,70	220,00	250,00	470,00	1.152,70

Fuente: DNV, Secretaría de Hacienda y AAC

\* Año 2003: estimado

**Cuadro 4: Parque Automotor: Ventas en el Mercado Interno**

Años	Vehículos		
	Nacionales	Importados	Total
1959	32.318	7.015	39.333
1960	87722	5.107	92.829
1961	134.924	4.947	139.871
1962	124.439	6.032	130.471
1963	106.133	1.686	107.819
1964	167.452	1.286	168.738
1965	190.697	1.107	191.804
1966	177.339	1.516	178.855
1967	177.519	1.993	179.512
1968	185.343	1.085	186.428
1969	211.144	1.079	212.223
1970	220.746	548	221.294
1971	253.723	641	254.364
1972	261.796	400	262.196
1973	285.300	218	285.518
1974	271.259	240	271.499
1975	226.831	456	227.287
1976	177.716	299	178.015
1977	212.301	338	212.639
1978	190.559	458	191.017
1979	249.669	11.279	260.948
1980	275.058	68.361	343.419
1981	178.848	60.126	238.974
1982	131.805	5.339	137.144
1983	150.565	1.075	151.640
1984	165.059	519	165.578
1985	145.524	747	146.271
1986	165.575	1.049	166.624
1987	190.827	1.530	192.357
1988	162.517	1.379	163.896
1989	132.921	642	133.563
1990	94.787	1.173	95.960
1991	137.175	28.631	165.806
1992	243.363	105.882	349.245
1993	311.213	109.637	420.850
1994	360.721	147.431	508.152
1995	224.961	103.021	327.982
1996	215.143	161.000	376.143
1997	228.297	198.029	426.326
1998	221.971	233.401	455.372
1999	220.553	159.549	380.102
2000	186.283	101.882	288.165

Fuente: INDEC y ADEFA

**Cuadro 5: Producción de automotores nacionales por tipo**

Años	Automóviles	Comerciales	Total
1959	18.290	14.662	32.952
1960	40.144	49.194	89.338
1961	78.274	57.914	136.188
1962	90.648	39.232	129.880
1963	75.338	29.561	104.899
1964	114.617	51.866	166.483
1965	133.734	60.802	194.536
1966	133.812	45.641	179.453
1967	130.297	45.021	175.318
1968	127.965	53.011	180.976
1969	153.047	65.543	218.590
1970	167.000	52.599	219.599
1971	193.105	60.132	253.237
1972	200.885	67.708	268.593
1973	219.439	74.303	293.742
1974	212.088	74.224	286.312
1975	185.162	54.874	240.036
1976	142.072	51.445	193.517
1977	168.126	67.230	235.356
1978	133.416	45.744	179.160
1979	192.011	61.206	253.217
1980	218.640	63.153	281.793
1981	139.428	32.935	172.363
1982	106.886	25.231	132.117
1983	128.962	30.914	159.876
1984	137.206	30.117	167.323
1985	113.788	23.887	137.675
1986	137.889	32.601	170.490
1987	158.743	34.572	193.315
1988	135.776	28.384	164.160
1989	107.597	20.226	127.823
1990	81.107	18.532	99.639
1991	114.113	24.845	138.958
1992	220.502	41.520	262.022
1993	286.964	55.380	342.344
1994	338.355	70.422	408.777
1995	226.656	58.779	285.435
1996	269.439	43.713	313.152
1997	366.466	79.840	446.306
1998	353.074	104.883	457.957
1999	224.733	80.076	304.809
2000	238.706	100.540	339.246

Fuente: ADEFA

### Cuadro 6: Total de automotores patentados

Años	La Plata	Total Provincia
1990	136.589	2.200.588
1992	151.391	2.615.778
1994	191.394	3.250.200
1995*	183.421	3.152.655
1996*	200.706	3.447.894
1997**	217.855	3.799.247
1998	231.680	4.004.020

**Nota:**\* Años 1995 y 1996 datos provisorios.

\*\* Cierre de la información a abril de 1998

**Fuente:** Dirección Provincial de Rentas. Ministerio de Economía . Provincia de Buenos Aires

**Elaboración:** Dirección Provincial de Estadística y Planificación General

### Cuadro 7: Evolución del ingreso medio por estrato\*- Aglomerado Gran La Plata

Estrato de Ingresos	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
ESTRATO I	205	224	214	206	221	213	241
ESTRATO II	453	507	485	474	503	499	547
ESTRATO III	1.222	1.377	1.279	1.262	1.259	1.326	1.406

**Nota:** La población perceptora se clasifica en deciles, ordenados de mayor a menor ingreso, cada uno contiene al 10% de la población. El estrato I (bajo) agrupa los 4 primeros deciles, el II (medio) a los deciles 5 al 8 y el el estrato III (alto) a los deciles 9 y 10.

(1) Corresponde a la medición de octubre de cada año.

**Fuente:** Encuesta Permanente de Hogares.